

جمسهورية مسصر السعربية وزارة السموارد السمائية والسرى السمركسز السقومي لسبحوث السمياه

# السكود السمصرى للسموارد السمائية وأعمال السرى

### المجلد الثالث

### المنشأت المدنية للرى والصرف

( الجزء الأول )

اللجنة الدائمة المحود المصرى للموارد المائية وأعمال المرى

الطبعة الأولى عام ٢٠٠٣

#### تقديم

لما كان الماء هو عصب الحياة وركيزة تقدم الشعوب وأنه ندرة في منطقتنا العربية ويتزايد الطلب عليه يوماً بعد يوم فقد وجب علينا أن نرفع دوماً من كفاءة إدارته لنعظم عوائده ونحد من فواقده.

لذلك رأت وزارة الموارد المائية والرى إعداد هذا الكود ليكون دستوراً للعمل ودليلاً يهتدى به ويحتكم إليه. ولقد راعت الوزارة في إعداده أن يضم نظماً موحدة لإدارة شبكات السرى والصرف وتنفيذ مشروعاتها، وأن يكون شاملاً لأعمال حماية وتنمية السواحل البحرية، وأن يتضمن تحديداً لأسساليب الإختبار والمعايير القياسية الخاصة بتصميم وتنفيذ الأعمال وإختبار مواد الإنشاء فضلاً عن تضمينه ضوابط لأحكام الرقابة على كافة الأعمال الإنشائية، وعلى أعمال إدارة شسبكات السرى والصرف، والأعمال الميكانيكية والكهربية، وأعمال حماية الشواطئ، وفي نفس الوقت يشكل مرجعاً يحتكم إليسه في حسم أي خلافات قد تنشأ بين أجهزة الوزارة والمتعاملين معها من وزارات وهيئات وأفسراد. وأن يكون عاملا للحد من الأخطار حماية للمجتمع وللعاملين في هذا المجال.

وقد شارك فى إعداد هذا الكود نحو ثمانين متخصصاً من الأساتذة وكبار المهندسين من ذوى الخبرات الطويلة المشهود لهم فى مجال أعمال الوزارة سواء من داخلها أو من الجامعات المصرية المختلفة. ولقد تحرينا قبل إصدار هذا الكود أقصى درجات التدقيق كما تم طرحه على مجتمع مستخدمى المياه وعلى مختلف القطاعات العاملة فى المجالات ذات الصلة بموضوعاته طلباً لمشورتهم ومقترحاتهم فى مضمونه، وتم الإسترشاد بما تلقيناه منهم جميعاً من مقترحات بناءة ومفيدة.

ونأمل أن يساهم هذا الكود في رفع مستوى الأداء لتعظيم الفائدة من مواردنا المائية.

والله نسئل أن ينهمنا جميعاً سواء السبيل وأن يرشدنا لما فيه الخير لأمتنا ولوطننا العزيز.

وبالله التوفيق.

وزير الموارد المائية والرى

ージルマ

أستاذ دكتور مهندس / محمود عبدالحليم أبو زيد

#### بِنَمِ لِنَا لِحَرِّ الْحَمِّيْنِ



### قرار وزاري (قم ( ٣٥٠) لسنة ٢٠٠٣ في شان وضع أسس التصميم وشروط التنفيذ بالنسبة لاعمال الموارد المائية ومتطلبات الري والصرف

#### وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الاطلاع على القانون رقم (٦) لسنة ١٩٦٤ بشأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلي القرار الوزاري رقم ١٤٨ لسنة ١٩٩١ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية بخصوص تشكيل اللجنة العليا للتنسيق بشأن إعداد الكود المصري في مجال أنشطة وزارة الأشغال العامة والموارد المائية.
- وعلي القرار الوزاري رقم ٢٨٥ لسنة ١٩٩١ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية بشأن تشكيل اللجان الفرعية المختصة بإعداد بنود الكود المصري لأعمال الموارد المائية ومتطلبات الري والصرف.
- وعلي القرار الوزاري رقم ٣١٧ لسنة ١٩٩٣ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية بشأن تشكيل اللجنة الفرعية التخصصية لأعداد بنود الكود المصري في مجال حماية الشواطئ.
- وعلي القرار الوزاري ي رقم ٢٣٨ لسنة ١٩٩٤ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية المتضمن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصري لأعمال الموارد المائية ومتطلبات الري والصرف.
  - وعلي كتاب السيد الدكتور وزير الموارد المائية والري .



- مادة (۱): يتم العمل بأسس تصميم وشروط تنفيذ جميع أعمال الوارد المائية ومتطلبات الرى والصرف والرفقه بهذا القرار.
- مادة (٢)؛ تلتزم الجهات المعنيه والمذكورة في القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ماجاء بهذا القرار.
- مادة (٣) تتولى اللجنة الدائمة المشكلة لهذا الغرض بوزارة الموارد المائية والرى إقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك .. وتعتبر التعديلات بعد إصدارها جزءاً لايتجزأ منه.
- مادة (٤): تتولى وزارة الموارد المائية والرى نشر ماجاء بهذه الأسس والتعريف بها والتدريب عليها.
  - مادة (٥): ينشر هذا القرار في الوقائع المصرية ويعتبر نافذان تاريخ النشر.

وزير الإسكان والرافق والمجتمعات العمرانية

مسدرف ۱۱/۲۲-c

#### شكر وعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم

"وقالوا الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله ".

صدق الله العظيم

بإتمام هذا العمل الكبير الذى بدأته نخبة متميزة من العلماء الأجلاء ومن كبار مهندسى الرى المصرى منذ ما يسربو على العشر سنوات تواكبت فيها جهودهم الخالصة مع فكرهم الخلاق وفى إطار من التفاتى والمثابرة والتصميم ليضعوا الأسس والمعايير للأجيال القادمة نتنظيم ولضبط ولترشيد إستخدام المياه ... تكون هذه النخصة قد خطت بمصرنا إلى عهد جديد يتسم بتأصيل المعرفة فى التعامل مع أهم مورد فى الحياه حباتا به الله . فلهم كل الشكر والثناء على ما قدموه لوطنهم من عطاء ، والله على حسن مثوبتهم لقدير .

ويما أن الفضل يجب أن يرد إلى صانعيه .. فيتوجب علينا أن تذكر بكل العرفان والتقدير كل من آزروا هذا العمل وهيأوا له سبل الإنجاز . فما كان لهذا العمل أن يبدأ دون إشارة البدء التى أطلقها السيد المهندس الكبير الوزير/ عصام عبدالحميد راضى الذى سارع بالإستجابة ويتوفير كافة الإمكانات له وبذلك إستحق وبكل الحق فضل ريادة هذا العمل .. كذلك كان للزميل العزيز الأستاذ الدكتور الوزير / محمد عبدالهادى راضى طيب الله ثراه مآثره م فقد كان لجهده وفكره الثاقب أعظم الأثر فى التخطيط البناء له وذلك عندما شسغل عضوية أول تشكيل للجنة تنسيق الكود كما كان لرعايته الدائمة له عندما تقلد منصب رئاسة وزارة الأشعال العامة والموارد المائية أبعد الأثر لدفع العمل لأعلى المستويات ... وأخيراً وليس آخراً لا بدأن ننوه بالدعم الكبير الذى قدمه ويقدمه الأستاذ الدكتور الوزير/ محمود عبدالحليم أبو زيد الذى قيد الله أن يتم فضله وأن تتم الطبعة الأولى لكود الموارد المائية وأعمال الرى بحسن توجيهه ويفضل إرشاده .

وقل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون .

"ربنا لا تزغ قلوبنا بعد إذ هديتنا" "ربنا هيئ لنا من أمرنا رشدا"

بونيو ۲۰۰۳

مقرر لجنة تنسيق الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

202

أ.د/ أحمد عبدالوهاب خفاجي

## أسماء السادة المشاركين في إعداد الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الري

أعد هذا الكود بمعرفة اللجان التالية:

أولاً: اللجنة الدائمة للكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

ثانياً: لجنة تنسيق الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

ثالثاً: اللجان التخصصية وهي:

١. لجنة إدارة شبكات الرى والصرف

٢. لجنة المنشآت المدنية للرى والصرف

٣. لجنة الأعمال الميكانيكية والكهربائية للرى والصرف

٤. لجنة تقنيات حماية الشواطئ البحرية

\*\* وقد تشكلت اللجنة الدائمة برئاسة السيد الدكتور الوزير واشترك في عضويتها منذ بدء تشكيلها للمرة الأولى وحتى تشكيلها الحالى - السادة الأتية أسماؤهم طبقا للترتيب الأبجدى وهم:

مقررا

أ.د/ أحمد عبد الوهاب خفاجي أ.د/ أحمد فخرى خطاب

م/ احمد جابر بركات

م/ أنور محمد حجازي

م/ انور محمد حجاری م/ حسین سعید علو ان

م/حسين سميد عسوان أ.د/ سعد ابر اهيم الخو القة

۱.د/ شعد ابر اهیم انکو آنه. أ.د/ شار ل شكر ي سكلا

أد/طلعت محمد عويس

ا.د/ طلعت محمد عويس أ.د/ عبد الرحمن صادق باز رعة

أد/ عبد الرحمن حلمي الرملي

م/ عبد الغنى حسن السيد

أ.د/ محمد بهاء الدين أحمد

أد/محمد فائق عيد ريه

أد/محمد مصطفى عطعوط

م/محمود سعد الدين الجندى

أد/ مصطفى توفيق جاويش

م/ مصطفى محمود القاضى

أ ِد/ منى مصطفى القاضى

م/ نبیل فوزی ناشد

أ د/ نزیه أسعد یونان

مقررأ

\*\* شغل عضوية لجنة التنسيق منذ بدء تكوينها وحتى تشكيلها الحالى كل من السادة الآتية أسماؤهم طبقا للترتيب الأبجدى:

أ د/ أحمد عبد الوهاب خفاجي مقررا

أ.د/ أحمد فخرى خطاب

أ.د/ عبد المعطى حسن هيكل

أ.د/محمد رفيق عبد البارى

أد/محمد عبد الهادي راضي

أ.د/ مصطفى توفيق جاويش

د.م/محمد إسماعيل أبو خشبة (أمانة فنية)

د.م/ياسر عبد العزيز الحاكم (أمانة فنية)

#### أسماء السادة المشاركين في إعداد المجلدين الثالث والرابع

\*\* ساهم في إعداد المادة العلمية لهذين المجلدين وحققها وراجعها وصاغها كل من السادة الآتية أسماؤهم - طبقاً للترتيب الأبجدي:

- أ.د/ أحمد فخرى خطاب م/ توفيق على ابراهيم عيد أد/ جمال صادق عبيد م/ حسين أحمد عبد الحليم لاشين م/ حسن حسين شومان أ.د/ حسن على ابر اهيم أد/ سعد ابر اهيم الخو القه أد/ عبد الرحمن صادق بازرعة أد/ عبد الله صادق بازرعة أد/ على محمد طلعت أد/ كمال حفني حسن أد/ محمد بهاء الدين أحمد أ د/ محمد حمدي الكاتب د/محمد عادل أحمد عبد المجيد أ.د/ محمد عبد الوهاب عامر أ د/ محمد محمود جاسر أد/ محمد نيازي حماد م/محمود سعد الدين الجندى م/محمود محمد على أ.د/ مصطفى توفيق جاويش أ.د/ مصطفى كامل متولى زيدان م/مصطفى محمد عتيبة م/ ميشيل حكيم السعيد م/ نجیب فهمی سعید أ د/ نزیه أسعد یونان م/ وليم كامل شنودة

مقررأ

#### الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

يقع الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى في سبعة مجلدات هي على النحو التالي:

#### المجلد الأول: إدارة شبكات الرى والصرف (الجزء الأول) ويشمل:

مقدمة : تقديم لمرفق الري و الصرف، وأجهزة الوزارة، ومسئولياتها

الباب الأول : رى الأراضى الزراعية

الباب الثاني : صرف الأراضي الزراعية

#### المجلد الثاني : إدارة شبكات الرى والصرف (الجزء الثاني) ويشمل:

الباب الثالث : التوسع الأفقى

الباب الرابع : تنمية الموارد المائية

الباب الخامس: أعمال الصيانة

الباب السادس : إدارة هيدرولوجيا السيول

الباب السابع : الأعمال المساحية

#### المجلد الثالث: المنشآت المدنية للرى والصرف (الجزء الأول) ويشمل:

الباب الأول: شبكات الري المبطنة

الباب الثاني : المنشآت المائية المتقاطعة

الباب الثالث : المفيضات والمصبات

الباب الرابع : الهدار ات

الباب الخامس : القناطر والبوابات

الباب السادس : السدود

الباب السابع : الأهوسة الملاحية

الباب الثامن : محطات توليد القوى الكهر ومائية

#### المجلد الرابع: المنشآت المدنية للرى والصرف (الجزء الثاني) ويشمل:

: محطات الطلميات

الباب التاسع : محطات الداب العاشر : الآبار

الياب الحادي عشر: الكياري

الباب الثاني عشر: الأنفاق

: خرسانة المنشآت المائية ملحق م ١

#### المجلد الخامس: الأعمال الميكانيكية للرى والصرف ويشمل:

الباب الأول : المضخات

الباب الثاني : محركات الإحتراق الداخلي الباب الثالث : معدات نقل الحركة والقدرة

الباب الرابع : المحابس والبوابات

: الوقاية الميكانيكية و الكيماوية و الحماية الكاثودية الباب الخامس

الباب السادس : اختبار واختيار المواد

الباب السابع : المعدات الميكانيكية لصيانة المجارى المائية

: معدات الري المتطور الباب الثامن

الباب التاسع : معدات مراقبة نوعية المياه في المجاري المائية

#### المجلد السادس: الأعمال الكهربائية للرى والصرف ويشمل:

الياب الأول: المحركات الكهربية

: المحولات الكهربية وملحقاتها الباب الثاني

الباب الثالث الباب الرابع : المفاتيح وتركيبات التوصيلات الكهربائية والوقاية الكهربائية

: دوائر وأجهزة التحكم في المحركات الكهربية

الباب الخامس : شروط تنفيذ الأعمال الكهربية

الباب السادس : منظومات طوارىء التغذية الكهربية

الباب السابع : التأريض

الباب الثامن : معدات الرى التي تعمل بالكهرباء

#### المجلد السابع: تقنيات حماية الشواطىء البحرية ويشمل:

الباب الأول : العوامل الطبيعية المؤثرة على المنطقة الساحلية والشاطئية

الباب الثانى : البحوث والدراسات الحقلية وأعمال النماذج الهيدروليكية

الطبيعية والرياضية

الباب الثالث : تخطيط منشآت حماية الشواطئ وتأثيرها على المنطقة

الشاطئية

الباب الرابع : تصميم منشآت الحماية

الباب الخامس : منشآت حماية الشواطئ وصيانتها

#### فهرس المجلد الثالث المنشآت المدنية للرى والصرف (الجزء الأول)

	لباب الأول: شبكات الرى المبطنة Lined Irrigation Network
1-1	١-١ فواقد التسرب وسياسة تبطين الترع
1_1	١-١-١ تجارب تحديد النفاذية قبل التنفيذ
1_1	١-١-١- بغر القياس
٤-١	١-١-١-٢ البيزومترات
	١-١-٢ حساب فواقد التسرب
٧-١	١-١-٣ العوامل المؤثرة على التسرب
٧-١	١-١-٤ إختبارات وحسابات التسرب بعد تبطين الترع
1-1	١-١-٤-١ طريقة البركة Ponding Method
	١-١-٤-٢ طريقة قياس التصرف الداخل والخارج
	١-١-٤- طريقة جهاز التسرب Seepage Meter Method
	١-٢ التبطين و العناصر الهيدروليكية للمجرى
	١-٢-١ معادلات تدفق المياه بالترع
11-1	١-٢-٢ العلاقة بين عرض القاع وعمق المياه
11_1	١-٢-٦ المنحنيات
14-1	١-٢-٤ مسافة الأمان بين سطح المياه ومسطاح الترعة Free Board
15-1	١-٢-٥ معامل ماننج للخشونة
10_1	١-٣ الأنواع المختلفة لتبطين الترع
10_1	١-٣-١ التبطين بسطح صلب
10_1	١-٣-١ التبطين الغشاني باسطح مكشوفة
12_1	١-٣-٣ التبطين بأغشية مدفونة
1-51	١-٣-٤ التبطين الترابي (تربة منقولة قليلة النفاذية)
1-11	١-٣-٥ التبطين لمقاومة التأكل و إنهيار ات جسور المجارى المانية
1-11	١-٤ التبطين بسطح صاب مكشوف
1-11	١-٤-١ التبطين بالخرسانة الأسمنتية
1-71	١-٤-١- سمك التبطين
11-11	١-٤-١- إشتر اطات التربة الحاملة للتبطين
44-1	١-٤-١-٣ مو اصفات خرسانات التبطين
1-07	١-٤-١-٤ خلط وتجهيز الخرسانة
	١-١-٤- نقل الخرسانة لمواقع العمل
	١-٤-١- صب خرسانات التبطين
	١-٤-١-٧ فواصل خرسانات التبطين
٣٨_١	١-٤-١ أعمال حماية التبطين
£ 7_1	اعدا التبطين بالخرسانة الأسفاتية Asphalt Concrete Lining
1-43	١-١-٢-١ ضمان صلاحية التربة خلف التبطين
	١-٤-٢- حالات تسليح خرسانات التبطين الأسفانية
	١-٤-٢- سمك التبطين بالخرسانة الأسفلتية
	١-٤-٢-٤ تصميم خلطة الخرسانة الأسفانية
1-33	١-٤-٢- طرق و معدات التتفيذ

5 5 -	عَـــ التبطين بمكدام الأسفات Asphalt Macadam Lining
2 2-	ع ٢-١- خلطة التبطين بمكدام الأسفات
50_	ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ
20_	- ٤-٣-٢ سمك تبطين المكدام و التسليح وطرق التنفيذ
20_1	ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــ
	'-3-3-1 مكونات الخرسانة المقذوفة (الشوتكريت)
	' - ٤ - ٤ - ٢ سمك التبطين بالخرسانة المقذوفة (الشوتكريت)
	' ـ ٤ ـ ٤ ـ ٣ تسليح التبطين بالخرسانة المقذوفة (الشوتكريت)
£ ٧_1	' ـ ٤ ـ ٤ ـ غ فو اصل الإنكماش و التمدد و التشغيل للتبطين بالشو تكريت
£ 1/_ 1	'-ءُ-ءُ-٥ تجهيز التربة الحاملة للتبطين
£ Y_ 1	١-١٤-٤ طرق خلط وصب الخرسانة المقذوفة (شوتكريت)
01	اعـ و التبطين ببلاطات خرسانية سابقة الصب Precast Concrete Lining
	١-٤-٥-١ إستخدامات البلاطات سابقة الصب
	١-٥-٤ أبعاد البلاطات سابقة الصب
	١-١-٥-٣ تصنيع البلاطات والبلوكات
27_1	١-١٤-٥-٤ طرق التركيب
	ا ـ ه التبطين الغشائي المكشوف للأسطح Exposed Surface Membrane Lining
	١-٥-١ التبطين بغشاء أسفلتي Asphalt Membrane
	١-١-٥ التبطين بغشاء الأسفلت بالرش
0 = 1	١-٥-١ التبطين بغشاء الأسفلت سابق التجهيز
00_1	١-٥-٢ التبطين بألواح غشاء بالستيكية ورقائق المطاط الصناعي
00_1	١-٥-٢ مو اصفات غشاء البلاستيك والسمك
1-70	
0Y_1	١-٦ التبطين بألواح غشانية مدفونة Buried Membrane Lining
01-1	١-٣-١ إعتبارات التصميم
01-1	١-٦-١- قطاع الترعة
01-1	
29_1	١-٣-٢ مواصفات مواد التغطية
7 1	١-٦-٦ التبطين بغشاء أسفلتي مدفون
	١-٣-٦-١ المواصفات والسمك
	١-٣-٣-١ تجهيز التربة الحاملة للتبطين
1-17	١-٣-٣-٣ طرق التنفيذ و المعدات
	١-٣-٦-٤ وضع طبقة الغطاء
11-1	١-٣-٤ التبطين بغشاء أسفاتي سابق التجهيز (مدفون)
17_1	ا ـ ٦ ـ ١ ـ ١ الإستخدام و السمك
	١-٦-١ تجهيز التربة الحاملة للتبطين وإختيار ووضع طبقة الغطاء
4 1 = 1	١-٣-٥ التبطين بغشاء البنتونيت
	١-٦-٥-١ المواصفات والخواص الطبيعية
12-1	١-٦-٥-٢ سمك غشاء البنتونيت وطبقة التغطية
	۱-۷ التبطین الترابی للترع Earth Lining
	١-٧-١ أنواع نربة النبطين
10-1	١-٧-١ إعتبار ات تصميم القطاع

١-٧-١ التبطين بترية سميكة مدموكة
١-٧-٤ التبطين بتربة غير سميكة مدموكة
١-٨ التبطين لمقاومة تأكل و إنهيار جسور المجارى المانية
١-٨-١ نحر وتأكل قطاعات الترع
١ ـ ٨ ـ ٢ التبطين لمقاومة تأكل و إنهيار جسور المجارى المانية
١ ـ ٨ ـ ٣ إستخدام النسيج الصناعي لمقاومة النحر
١ ـ ٨ ـ ٣ ـ ١ إختيار نوع النسيج
١ ـ ٨ ـ ٣ ـ ٨ المو اصفات الفنية للنسيج
١-٨-٤ التبطين بأحجار الريبراب
۱ ـ ۸ ـ ۱ التبطين بالجابيونات Gabions Lining System
١ ـ ٨ ـ ٦ التبطين بتدبيش الأحجار
١-٩ المراجع
الباب الثاني: المنشآت المانية المتقاطعة Water Crossing Structures
۱-۲ البر ابخ Culverts
١-١- تعريف
٢-١-٢ معايير التصميم
٢-١-٣ مواد إنشاء البريخ
١-٢-١-٢ بر ابخ من المبأني
٢-١-٣-١ برابخ خرسانية مسلحة سابقة الصب ذات قطاع دائرى
۲-۱-۳- بر ابخ معدنية ذات قطاع دائرى
٢-١-٣-٤ برابخ خرسانية مسلحة
٢-١-٤ التصميم الهيدروليكي للبرايخ
٤-٢
٧-٢ الطمو (العلو أو الصاعد) Heading Up
٢-١-٤-٦ برابخ الإمر ار مياه السيول
٢-١-٥ التصميم الإنشائي للبريخ
٢-١-٥-١ إذا كان قطاع البربخ دائريا (ماسورة) وكانت الماسورة محمولة على كراسي
خر سانية منفصلة
٢-١-٥- إذا كان قطاع البربخ دائريا (ماسورة) وكانت الماسورة محمولة على فرشة
مستمرة في الإتجاد الطولي
٢-١-٥- إذا كان قطاع البريخ صندوقيا
٢-١-٥- عالات التحميل للبر ابخ ذات القطاع الصندوقي
٢-١-٥- السمك العملي لبلاطات القطاع الصندوقي للبربخ ذي الفتحة الواحدة
٢-١-٥-٦ القوى الداخلية في قطاعات البرابخ وتصميم القطاعات
٢-١-٦ حوانط المداخل و المخارج للبر ابخ
٢-١-٢ فواصل الإنشاء والنمدد و الإنكماش لحوانط البربخ
٢-١-٧- أ فو اصل الإنشاء
٢-١-٢ فواصل التمدد
٢-١-٧- فواصل الإنكماش
۲-۲ السحارات Syphons
۲-۲-۱ تعریف
٢-٢-٢ معايير التصميع

17-7	٢-٢-٣ مو لد إنشاء السحارة
	٢-٢-٢- سحارات مباني من الأحجار الدبش الصغيرة أو من الطوب القراميد
17-4	۲-۲-۲ سحار ات معدنیة ذات قطاع دائري (مواسیر)
	٢-٢-٣-٣ سحارات من الخرسانة
T	٢-٢-٤ التصميم الهيدر وليكي للسحار ات
	Head Loss (HL) المياد ١-٤-٢-٢ فاقد ضغط المياد
	٢-٤-٢ الطمو (العلو أو الصاعد) Heading Up
TA_T	٢-٢-٥ التصميم الإنشاني للسحارة
	٢-٢-٥-١ حالات التحميل
T1_T	٢-٢-٥-٢ التصميم المبدئي للسحار ات ذات القطاع الدائري (مواسير) من الخرسانة العادية
	٢-٢-٥-٢ النصميم المبدني للسحارات المعدنية ذات القطاع الدائري (مواسير)
	٢-٢-٥-٤ تصميم السحار أت الخرسانية المسلحة
	٢-٢-٥-٥ القوي الداخلية في قطاعات السحارات وتصميم القطاعات
77_7	٢-٢-٦ تعويم وتغويص السحارات المعدنية تحت المجارى المانية المتقاطعة
	٢-٢-٢ بيانات عن السحارة
	٢-٢-١" مرحلة التعويم
	٣-٦-٢-٢ مرطة التغويص Sinking State
77-7	Aqueducts البدالات - ۲ البدالات
	۱-۳-۲ تعریف
	٢-٣-٢ المجال ومواصفات عامة
	٣-٣-٢ أنماط البدالات
	۱-۳-۳-۲ بدالات مبانی Masonry Aqueducts
TY_Y	٢-٣-٣-٢ بدالات من الحديد الصلب
	٢-٣-٣-٢ بدالات خرسانية مسلحة
	٢-٣-٣- غيدالات بلسيكية
	٢-٣-٤ التصميم الهيدر وليكي للبدالات
TY_T	Head Loss (HL) فاقد ضغط المياه (Head Loss (HL)
٤٠-٢	Heading Up (العلو أو الصاعد) ٢-٤-٢-٢
£1_7	٢-٣-٥ التصميم الإنشاني للبدالة
£1_Y	٢-٦-١ البدالات المباني
£1_7	٢-٥-٣-٢ البدالات الخرسانية المسلحة
£1_7	٣-٥-٣-٢ البدالات ذات القطاع الدائري (مواسير) من الخرسانة العادية سابقة الصب
£1_7	٢-٣-٢ البدالات ذات القطاع الدائري (مواسير) من الحديد الصلب
£7_7	٢-٣-٢ الفو اصل في البدالات
£ 4 - 7	٢-٤ المراجع
	الباب الثالث: المفيضات والمصبات Escapes and Outlets
1-5	۲-۱ عام
1-4	٢-٣ مفيضات الترع
	٣-٢-٣ مفيض النهاية من الطراز البئرى
	٣-٢-٢ أبعاد هدار المفيض البئرى
	٣-٢-١-٢ قطر فتحة التفريغ
V_T	٣-١-٢-٣ ماسورة تصريف البنر Drainage Pipe

9-4	٣-٢-٣ مفيض النخفيف الوسطى
9-5	٣-٢-٣ المفيض السيفوني Syphon Spillway
1 5"	٣-٢-٣ عمل وتشغيل المفيض السيفوني
	٣-٢-٣- قواعد التصميم الهيدروليكي للمفيض السيفوني
11-5	٣-٣ مفيضات السدود
11-5	٣-٣-١ أنواع مفيضات السدود
11-5	١-١-٣-٣ المفيض الحر Overtall Spillway
11-5	۲-۱-۳-۳ المفيض المنحدر Chute Spillway
17-5	٣-١-٣- مفيض القناة الجانبيّة Side-Channel Spillway
17-4	٣-٣-٣ المفيض البئرى Shaft Spillway
17-4	٢-٢-٣ أنفاق المفيضات
17-7	٣-٣-١ المفيض السيفوني Syphon Spillway
1 5-4	٣-٣-٣ النتدفق فوق مفيض حر من طرأز أوجي أ
10-4	٣-٣-٣ أحواض التهدئة Stilling Basins
77-7	٣-٤ المصبات و أنماطها Outlets
72_7	٣-٥ المراجع
	الباب الرابع: الهدارات Weirs
١-٤	البات الرابع : الهدارات ١٠٤٤ ١٤-١ تعريف ١٤-٢ أنو اع الهدارات
١-٤	٤-٢ أنو اع المهدار ات
1-5	٤-٢-١ أنواع الهدار ات طبقا لشكل عنب الهدار
١_٤	٤-٢-١- هدار مستطيل
١-٤	٤-٢-١- هدار مستطيل ٤-٢-١-٢ هدار مثلثي
1-5	۲-۱-۲- هدار کیبولیتی Cipolletti or Trapezoidal Weir
1_5	٤-٢-٤ هدار دائرى
1-1	٤-٢-١٥ هدار قطع مكافئ
1-:	٢-٢-٤ أنواع الهدار أت طبقا لعرض العتب وشكل قطاع الهدار
	۱-۲-۲- هدار حاد العنب Sharp Crested Weir
1_ £	۲-۲-۲-٤ هدار أصم ضيق العتب Solid-Narrow-Crested Weir
۲_٤	۲-۲-۲-٤ هدار أصم عريض العتب Solid-Broad-Crested Weir
۲-٤	٤-٢-٢-٤ هدار أوجي Ogee Weir
۲- :	٤-٣-٢ أنواع الهدار ات طبقا لطبيعة السريان ومناسيب المياه في الأمام والخلف
۲-٤	۴-۲-۲ هذار حر السريان Free Flow Over Weir
7-5	۲-۲-۲-۶ هدار مغمور Submerged or Drowned Weir
۲-٤	٤-٣ وظيفة الهدارات في شبكة الرى
۲_٤	٤-٣-١ حالة سقوط مفاجئ في مناسيب المياه
۲_٤	٢-٣-٤ تقليل إنحدار ات سطح المياه
r_ £	٤-٣-٢ هدار ات قياس التصرفات
1_ £	٤-٣-٤ هدار ات التحكم في توزيع المياه
1-8	٤-٣-٥ هدار ات تقليل فارق التو ازن على القناطر
7_5	٤-٣-٢ هدار ات تصريف المياه الزائدة في الترع
٦-٤	٤-٣-٤ هدار ات تعمل كمصائد للرمال و الترسيات
7 6	٤-٤ معادلات التصرف للهدارات

7_6	٤-٤-١ الهدار المستطيل
٧_٤	٤-٤-٢ الهدار المناشى
٧-٤	\$ - \$ - ٣ الهدار عريض العتب (ذو الموجه المستقرة)
	\$-\$-\$ الهدار ضيق العتب طراز الفيوم
11_5	٤-٥ تسرب المياه تحت فرش الهذار
11_5	٤-٥-١ طول مسار التسرب باستخدام "معادلات بلاى ولين"
	٤-٥-١ معادلة بلاى Bligh
11-5	۲-۱-0-٤ معادلة لين Lane
17-5	٢-٥-٤ شبكة السريان Flow Net
	٤-٥-١ الإنحدار الهيدروليكي الحرج
	٤-٥-٤ ضغط التعويم (الدفع من أسفل إلى أعلى) Uplift Pressure.
	٤-٦ تصميم فرش الهدار
	٤-٦-١ طول الفرش اللازم لمقاومة النحر
	٤-٦-٢ طول الفرش اللازم لمقاومة فوران ونخربة التربة
	٤-٦-٦ استخدام المرشحات والبلوكات خلف فرش الهدار
	ء - " - ٤ سمك الفرش من الخرسانة العادية
	٤-٧ الإنزان الأستاتيكي لحائط الهدار
	٤-٧-١ حالات التحميل
١٨-٤	٤-٧-١ حالة الجفاف (الترعة خالية من المياه)
	<ul> <li>٢-١-١-٢ حالة جفاف الخلف (المياه في الأمام مع منسوب عتب الهدار</li> </ul>
	٤-٧-١ مالة تشغيل الهدار
	٤-٧-٢ الإنزان الكلي للهدار
	ع-۷-۲ الإنهيار بالإنز لاق Sliding
	ع-۲-۲-۲ الإنهيار بالإنقلاب Overturning
	٤-٧-٢-١ الإجهاد بالإجهادات تحت حانط الهدار
Y1_5	٤-١/ المراجع
	۸-۱ المراجع
	الباب الخامس: القناطر والبوابات Regulators and Gates
1_3	٥-١ يَعريف
1_0	٥-٢ أنواع القناطر
	٥-٢-١ قناطر كبرى على الأنهار
1-9	٥-٢-٢ قناطر الأفمام
1_0	٥-٢-٣ قناطر الموازنة / قناطر الحجز
1_0	
	٥-٢-٥ مجموعة قناطر متعددة الأغراض في موقع واحد
	٥- التأثير المتبادل بين المنشأ الهيدروليكي والمجرى الماني
	٥-٣-١ تأثير المنشآت الهيدر وليكية على المجاري المانية
	٥-٣-١ التائير على عمق ومناسب المياه وسرعة التيار
	٢-١-٢٥ التَأْثِيرَ على مناسب المياه الجوفية
	٥-٢-١-٣ التَأْثِيرُ على قابلية حمل المواد الرسوبية
	٥-٣-٢ تَأْثِيرِ النَّيَّارِ المائي على المنشأ الهيدروليكي
T_0	
	٥-٢-٢-٢ تأثير تسرب المياه تحت المنشأ

0_0	٥-٣-٢-٣ التأثير ات الكيميانية والفيزيانية
0_3	هـ ٤ أعمال تصميم القناطر
0_0	٥-١-٤ عام
7.0	٥-١٤-٢ التصميم الهيدر وليكي
	٥-١-٢-١ السرعات القصوى المسموح بها في الفتحات
7_0	
	٥-٤-٢ عدد الفتحات والطول الكلى للقباطر بين الإكتاف
	٥-٤-٦ الضاغط المائيي
Y_0	
Y_0	٥-٤-٦ الدعامات الوسطى (البغال)
	٥-٤-٣-٢ الدعامات الطرفية (الأكتاف)
9_0	٥-٤-٣ العقود فوق البغال و الأكتاف
9_0	٥-٤-٣-٤ التجاويف (الدروندات)
	٥-٤-٥ العرض الكلي للقناطر
17_0	٥-٤-٣-٦ حوانط الأجنحة
1 == 0	٥-٤-٤ فروشات القناطر
	٥_٤-٤-١ الأهداف من وجود الفرش
1 = 0	٥-١٤-٤-٢ الطبقات المكونة لفرش القناطر
1 5-0	٥-٤-٤- أجزاء الفرش
10_0	٥_٤_٤_3 طول الفرش
10_0	٥-١٤-٥ سمك الفرش
Y7-0V	٥-٤-٤ - الأنواع الأساسية للقواطع الرأسية ertical Cutoffs
77-0	
77_0	٥-٥- اخشاب الغماة الأفقية Horizontal Timber Logs.
75-0	٥-٥-٢ البوابات الحديدية الرأسية
Y £_0	٥-٥-٢-١ البوابات ذات الألواح المعدنية
7 & _ 0	٥-٥-٢-٢ البوابات ذات الألواح والكمرات الحديدية
Yo_0	٥-٥-٢-٦ البوابات الثنانية لكل فتحة
70_0	٥-٥-٢-٤ البوابات طراز فهمي حنين
	٥-٥-٣ البوابات الدائرية Radial Gates
۲۸-۵	م-1-1 عام
۲۸-۵	٥-٥-٣-٢ التركيب الإنشاني للبو ابات الدائرية
	٥-٥-٤ تصميم البوابات الحديدية المستوية
r1-0	
	٥-٥-٤-٢ سمك اللوح الخارجي للبوابات
	٥-٥-٥ القوى المطلوبة لرفع البوابات
	٥-٥- الأوناش المتحركة ومنشأ رفع البوابات
	٥٥-٥ أنواع أخرى من البوابات
	٥-٥-٧- بو ابات المنسوب الثابت في الخلف nstream level
	٥-٥-٢-٢ بوابات النصرف الثابت
:1 _0	٥-٦ المراجع

	لباب السادس: السدودDams
1-7	٦-١ تصنيف السدود
1_1	٦-١-١ التصنيف تبعا للإستخدام
1_7	٦-١-١- سدود التخزين
1_7	٦-١-١- سدود التحويل
1-7	
1_7	
1_7	
17.	
7-7	
Y_7	
7-7	
7-7	
Y_7	
7_7	
£_7	٢-٢-٢-٦ احتياجات التصميم
والركامية	٢-٢-٢-٦ عو أمل اختيار السدود التر ابية و
الركامية	
£_7	
٤-٦Freeboard (ر	1-7-7 الأر تفاع الحر (الهامش العلوي
0_7	,
0_7	
0_1	
0_7	
e_7Clo	
77	
T-TEmbankment Cr	
	٦-٢-٤ البحوث الحقلية و الاختيار ات المع
Y_7_	٦-٢-١ عموميات
V_7	
A-1	
رى المانية	٦-٢-٤ مو اقع المفيض ومخارج المجار
1.7.	٦-٢-١ بحوث الخزان
1-7	
A. ".	٢-٢-٤ إختبارات أنربة الردم
9-4	٦-٢-٥ الأساسات و الأكتاف (السنادات)
9-7	٦-٢-٥ التحكم في التسرب
17_7	
17-7	٦-٢-٦ جسم السد
17-7	
16-7	

1 5 - 7	"-٢-٦- التحكم في التسرب
	٣-٢-٦-٤ الدمج و الهبوط
10_7	٦-٢-٢ ميول ومساطيح البيد
17_7	٦-٢-٢ إحتياجات الدمك
1 1 - 1	٦-٢-٦ حماية الميول
١٨-٦	٦-٢-٢ أجهزة القياس والمراقبة
	٦-٢-٧- أنواع الأجهزة
19_7	- ٢-٧-٢ تتسيق العمل و التسجيلات
	٣-٣ الممدود الركامية Rockfill Dams
	٦-٣-٦ مقدمة
Y1_7	٦-٣-٣ أنواع السدود الركامية
	٦-٣-٣ أساسات السدود الركامية
77-7	٦-٣-٤ جسم السد الركامي
7:-7	٦-٣-٥ الأغشية في السدود الركامية
74.7	٦-٥-٣-١ النواة النرابية
	٦-٥-٢- غشاء الخرسانة المسلحة
	٣-٥-٣-٦ الغشاء الأسفلتي
YV_7	Steel Membrane الحديدي Steel Membrane
	٦-٣-٦ معامل الأمان ضد الإفز لاق
	٢-٦-٧ أعمال المخارج
	٦-٣-٦ الإرتفاع الحر والحائط الحاجز
	٦-٣-٩ هبوط السدود الركامية Settlement of Rockfill Dams
	المند العالى
	٦-٤ السدود النَّدْاقلية
	٣-3-1 مقدمة
	٣-٤-٢ تقسيم السدود التثاقلية
	٦-٤-٦ تحديد قطاع السد
757	٦-٤-٦ القوى المؤثرة على السد
7.5.7	٢-١٤-٢ شروط الإنزان
	١-٥-١- عروف المول الانشائي
	٣-٤-٤ معالجة أساسات السد
	٣-٤-٤ معالجه الماليات العقر ٣-٤-٤-١ التحكم في عملية الحفر
	١-١-١- الجهير سطح الرساس
	٦-3-5 الصرف من أساسات السد
Y.A. 7	٦-٤-٦ الدهاليز الداخلية. ٣-٤-٧ التحكم في درجة حرارة الخرسانة
79 7	٢-١-١ اللعوامل التي تؤثّر في درجة حرارة الخرسانة
	- ٤-٧-٢ التبريد الإضافي
	<ul> <li>٦-٤-٨ فو اصل الإنشاء و الإنكماش</li> <li>٢-٤-٨ فو اصل الإنشاء و الإنكماش</li> </ul>
	٣-٤-٨-١ حقن الفواصل
5 1 - 1	- ٤-٨-٢ موانع التسرب
61-1	٦-٤-٦ المفيضات و أعمال المخارج و المنشآت الملحقة

1.73	٦-٤-٩-١ المفيضات و أحواض التهدنة
	٣-٤-٩ أعمال المخارج
£ 4 - 1	٦-٤-٩ المنشأت المنحقة
	- ت انسدود العقدية Arch Dams
	١-٥-١ مقدمة
	٣-٥-٢ أنواع السدود العقدية
57.7	٦-٥-٦ مدود ذات نصف قطر تابت
	۲-۲-۵-۲ سدود ذات نصف قطر متغير
	٣-٥-٦ نظرية السدود العقدية
	١-٣-٥-٦ تأثير القوس بمفرده
	٦-٥-٦ تأثير القوس والكابولي
	7-0-3 الأحمال على السد العقدي
	٦-٥-٥ توزيع الإجهادات على السدود العقدية
	٦-٥-٥ اجهادات الكابولي
	٦-٥-٥-٢ إجهادات العقد
07	٦-٥-١ تصميم السدود العقدية
07	٢-٥-٦ تحليل القوى للتصميم الأولى
01_7	٢-٥-١ الأحمال الكلية على العقود
	الضبط الشعاعي عند القمة Radial Adjustment at Crown الضبط الشعاعي عند القمة
07-7	١-٥-٦ التحليل الإنشاني المتقدم
	٦-٦ المراجع
\_Y	الباب السابع: الأهوسة الملاحية Navigation Locks
\-Y	٧-١ عام
1-1	١-٧ عام ٧-٢ مو اقع إنشاء الأهوسة
1_V	۱-۷ عام ۷-۲ مواقع إنشاء الأهوسة
1-Y	٧-١ عام
1-Y 1-Y 1-Y 7-Y	۱-۷ عام ۷-۲ مواقع انشاء الأهوسة ۲-۳ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۷-۳-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر
1-Y 1-Y 1-Y 7-Y	۱-۷ عام ۷-۲ مواقع إنشاء الأهوسة ۷-۳ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۷-۳-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر ۷-۳-۲ جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۷-۳-۳ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر
\-\\ \-\\ \-\\ \-\\ \-\\ \-\\ \-\\ \-\	۱-۱ عام ۷-۲ مواقع إنشاء الأهوسة ۷-۲ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۷-۲-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر ۷-۲-۲ جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۷-۳-۲ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر ۷-۴ الأشكال و الأوضاع المختلفة للأهوسة
Y-Y	۱-۱ عام ۷-۲ مواقع انشاء الأهوسة ۷-۳ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۷-۳-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر ۷-۳-۳ جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۷-۳-۳ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر ۷-۲ الأشكال و الأوضاع المختلفة للأهوسة ۷-۲-۱ الهويس المتماثل على قناة تحويل
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱ عام ۷-۲ مواقع إنشاء الأهوسة ۷-۲ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۷-۲-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۷-۲-۲ جوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۷-۲-۲ الهويس المختلفة للأهوسة ۷-3-۱ الهويس المتماثل على قناة تحويل
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱۷ عام ۷-۲ مواقع النشاء الأهوسة. ۷-۳ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس. ۷-۳-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه. ۷-۳-۲ جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه. ۷-۳-۲ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر. ۷-۱ الأوضاع المختلفة للأهوسة. ۷-۱-۱ الهويس المتماثل على قناة تحويل. ۷-۱-۲ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد.
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱ عام ۲-۲ مواقع إنشاء الأهوسة ۲-۲ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۲-۲-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۲-۲-۲ جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۲-۳-۲ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر ۲-۵-۱ الأشكال و الأوضاع المختلفة للأهوسة ۲-۵-۱ الهويس المتماثل على قناة تحويل ۲-۵-۲ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد ۲-۵-۱ الهويس غير المتماثل بحوار القناطر أو الهدار أو السد
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	<ul> <li>٧-١ عام</li> <li>٧-٢ مواقع إنشاء الأهوسة</li> <li>٧-٣-٢ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس</li> <li>٧-٣-١ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر و الجزء الأخر خلفه</li> <li>٧-٣-٣ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر</li> <li>٧-٤ الأشكال و الأوضاع المختلفة للأهوسة</li> <li>٧-٤ الهويس المتماثل على قناة تحويل</li> <li>٧-٤٠ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد</li> <li>٧-٤ الإختيار المناسب لأبعاد حوض الهويس</li> <li>٧-٥-١ طول الهويس</li> </ul>
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱ عام
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱ عام ۱-۱ مواقع إنشاء الأهوسة ۲-۲ مواقع إنشاء الأهوسة ۲-۳ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس ۲-۳-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۲-۳-۲ جوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۲-۳-۳ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر ۱-۱-۱ الهويس المتماثل على قناة تحويل ۱-۱-۱ الهويس غير المتماثل على قناة تحويل ۲-۱-۱ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد ۱-۱-۱ الهويس عر المتماثل بحوار القناطر أو الهدار أو السد ۱-۱-۱ عرض الهويس ۲-۱-۱ عرض الهويس
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱ عام  ۷-۲ مواقع إنشاء الأهوسة  ۷-۳ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس  ۷-۳-۱ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه  ۷-۳-۲ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه  ۷-۴-۱ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأشكال والأوضاع المختلفة للأهوسة  ۷-۱-۱ الهويس المتماثل على قناة تحويل  ۷-۱-۱ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد  ۷-۱-۱ طول الهويس المويس  ۷-۱-۱ طول الهويس  ۷-۱-۱ عرض الهويس  ۷-۱-۱ عرض الهويس  ۱۵-۱ النهرية وتحديد عمق الغاطس  ۷-۱ ملء وتقريغ الهويس والزمن اللازم التشغيل
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱۷ عام ۱-۱۷ مواقع انشاء الأهوسة ۱-۲۷ تحديد موقع الكويرى بالنسبة للهويس ۱-۲۷ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۱-۳-۲ جوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۱-۳-۲ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر ۱-۱۰ الهويس المتماثل على قناة تحويل ۱-۱۰ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد ۱-۱۰ الهويس لابعاد حوض الهويس ۱-۱۰ عرض الهويس ۱-۱۰ عرض الهويس ۱-۱۰ عرض الهويس والزمن اللازم التشغيل ۱-۱۰ عملء وتفريغ الهويس والزمن اللازم التشغيل
\-\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\ \\-\\\\ \\-\\\\ \\-\\\\\\	<ul> <li>٧-١ عام</li> <li>٢-٧ مواقع ابشاء الأهوسة</li> <li>٧-٣ تحديد موقع الكوبرى بالنمبة للهويس</li> <li>٧-٣-١ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه</li> <li>٧-٣-٣ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه</li> <li>٧-١ الأشكال و الأوضاع المختلفة للأهوسة</li> <li>٧-١ الهويس المتماثل على قناة تحويل</li> <li>٧-١ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو المدر</li> <li>٧-١ الهويس غير المتماثل بحوار القناطر أو الهدار أو المدر</li> <li>٧-١ الهويس</li> <li>٧-١ عرض الهويس</li> <li>٧-١ عرض الهويس</li> <li>١-١ عرض الهويس</li> <li>١-١ عرض الهويس</li> <li>١-١ عرض الهويس و الزمن اللازم النشغيل</li> <li>١-١ عام</li> <li>١-١ عام</li> <li>١-١ عام</li> <li>١-١ عام</li> </ul>
\-\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\ \\ \-\\\\\\\\	۱-۱۷ عام ۱-۱۷ مواقع انشاء الأهوسة ۱-۲۷ تحديد موقع الكويرى بالنسبة للهويس ۱-۲۷ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۱-۳-۲ جوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه ۱-۳-۲ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر ۱-۱۰ الهويس المتماثل على قناة تحويل ۱-۱۰ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد ۱-۱۰ الهويس لابعاد حوض الهويس ۱-۱۰ عرض الهويس ۱-۱۰ عرض الهويس ۱-۱۰ عرض الهويس والزمن اللازم التشغيل ۱-۱۰ عملء وتفريغ الهويس والزمن اللازم التشغيل

1 T V	٧٧-٧ هوض الهويس وأرضيته
17_V	٧-٧-٢ حوض الهويس
10_V	٧-٧-٢ الأنواع الأساسية لأرضية الهويس
	٧-٧-٣ إرتفاع حائطي الهويس
) V_V	٧-٧ حائطًا الهويس غير المتماثل
1 \ _ \	٧-٧- إنزان الحانط الساند (Landing Wall)
1 A_Y	۲-۷-۲ إنز ان حانط التوجيه (Guide Pier)
Y1_Y	٧-٧-٨ تحليل الضغوط المختلفة على أرضية الهويس
	٧-٧-١ حالات التحميل على أرضية الهويس المتماثل
YO_Y	
	٧-٧-٨ العتب المشطوف من الأحجار المنحوتة أو الحديد الزهر
Yo_Y	٧-٧-١ أرضية الهويس من الخرسانة المسلحة
YOV	٧ ٨ ترب الرابات الروس عن الكرسان القطاعة المستعد
Y0 V	٧-٨ تصميم البوابات المروحية اللازمة لفتح وقفل حوض الهويس
70_Y	ا عام ۱-۸-۷ عام ۱۰۱۰ ۱۰۱۰ ۱۰۱۰ ۱۰۱۰ ۱۰۱۰ ۱۰۱۰ ۱۰۱۰
	٧-٨-٢ العناصر الأساسية لمكونات البوابة المروحية
7 t-Y	٧-٨-٢ تصميم صاج التجليد الحديدي
77-7	٧-٨-٤ تصميم الكمرات الأفقية
	۷-۸-۵ تصمیم عمودی الدور آن و الالتقاء
1 V-A	٧-٩ المراجع
Hydrau	الباب الثَّامن: محطات توليد القوى الكهرومانية lic Power Plants
h h	
\_A	۱-۸ علم
1-1	٨-٢ العناصر الرنيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومانيه
Y-A	۸-۲ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومانيه
Y-A Y-A	<ul> <li>٨-٢ العناصر الرئيسية اللازمة اتوليد قوى كهرومائيه</li> <li>٣-٨ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants</li> <li>٨-٣-١ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه</li> </ul>
Y-A Y-A Y-A	۸-۲ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومانيه
Y-A Y-A Y-A Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة اتوليد قوى كهرومانيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A E-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A E-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A E-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A \$-A Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۲-۸ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۲-۸ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۲-۱-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱-۳-۸ الماخذ Intakes ۲-۳-۸ الماخذ Penstocks ۲-۳-۸ أنابيب توصيل المياه Penstocks ۲-۳-۸ التوربينات Praft Turbines ۲-۳-۸ أنابيب السحب Tail Water Pond ۲-۱-۳-۸ الدليل الخلفي Tail Water Pond
Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۲-۸ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۲-۳-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۲-۳-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱۰۳-۸ المآخذ Intakes ۲-۳-۸ أنابيب توصيل المياه Penstocks ۲-۳-۱ النوربينات Penstocks ۲-۳-۱ النوربينات Tail Water Pond ۲-۳-۱ الدليل الخلفي Tail Water Pond ۲-۳-۱ اختيار النوع المناسب التوربينات ۲-۳-۱ معايير التصميم لمحطات توليد القوى الكهرومانيه
Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A Y-A X-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۲-۸ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۲-۸-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۲-۸-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱۸-۳-۸ الماخذ Intakes ۲-۳-۸ الماخذ Penstocks ۲-۳-۸ النور بينات Penstocks ۲-۳-۱-۱ النور بينات Penstocks ۲-۳-۱-۱ النور بينات Tail Water Pond ۲-۳-۱-۱ الدليل الخلفي Tail Water Pond ۲-۳-۱-۱ الختيار النوع المناسب التوربينات ۲-۳-۱ الحسابات الإنشانية
Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۲-۸ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۲-۳-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۲-۳-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱۸-۳-۱ المآخذ Intakes ۲-۳-۱ أنابيب توصيل المياه Penstocks ۲-۳-۱ أنابيب توصيل المياه Penstocks ۲-۳-۱ النوربينات Part Turbines ۲-۳-۱ النوربينات Tail Water Pond ۲-۳-۱ الحسابات الخافي المخاص توليد القوى الكهرومانيه ۲-۱ الحسابات المهيدروليكية
Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه مـ٣-١ انواع محطات الطاقة Types of Power Plants مـ٣-١ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ١-١-١ الدليل الأمامي The Forebay ١١٥-١-١ الماخذ Intakes ١-٣-٨ ١٩٦-١-٦ انابيب توصيل المياه Penstocks ١٩٦-١-١ النوربينات Penstocks ١٩٦-١-١ النبيب السحب Draft Tubes ١٩٦-١-١ الدليل الخلفي Draft Tubes ١٩٦-١-١ الدليل الخلفي Draft Tubes ١٩٦-١-١ الدليل الخلفي المناسب التوربينات ١٩٦-١-١ الحسابات الإنشانية ١٩١٠ الحسابات الإنشانية ١٩١٠ الحسابات الهيدروليكية ١٩١٠ الخصابات الإنشانية ١٩١٠ الإنشانية ١٩١٠ الإنشانية ١٩٠٠ الخصابات الإنشانية ١٩٠١ المناسبات الإنشانية ١٩٠١ الإنشانية ١٩٠١ المناسبات الإنسانية ١٩٠١ المناسبات المناسبات الونانية ١٩٠١ المناسبات المناسبات الونانية ١
Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه. ۲-۸ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۲-۸-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه. ۲-۱-۱ الدليل الامامي The Forebay. ۱-۱-۱ الماخذ Intakes ۲-۱-۲ الماخذ Penstocks ۲-۱-۲ انابيب توصيل المياه Penstocks ۱-۱-۱ النابيب السحب Penstocks ۲-۱-۱ النابيب السحب Tail Water Pond ۲-۱-۱ الدليل الخلفي المناسب التوربينات ۲-۱-۱ الدسابات الإنشائية ۲-۱-۱ الحسابات الهيدروليكية ۲-۱-۱ افتراضات الأحمال الحسابات الإنشائية
Y-A	۲-۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۲-۸ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۲-۸-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۲-۱-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱ الماخذ Intakes ۲-۱-۳ أنابيب توصيل المياه Penstocks ۲-۱-۵ أنابيب توصيل المياه Penstocks ۲-۱-۵ أنابيب السحب Paratt Turbines ۲-۱-۱ أنابيب السحب Tail Water Pond المناب
Y-A	۱-۲ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ١-٣-٨ أنواع محطات الطاقة Types of Power Plants ١-٣-٨ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ١-٣-٨ الدليل الأمامي The Forebay ١-١-١٠ المآخذ Intakes ١-١-٣-٨ المآخذ Penstocks ١-٣-٨ النبيب توصيل المياه Penstocks ١-٣-٨ النبيب السحب Turbines ١-٣-٨ أنابيب السحب Draft Tubes ١-١-١ الدليل الخلفي Draft Tubes ١-١-١ الدليل الخلفي Tail Water Pond ١-١-١ الدليل الخلفي المناسب التوربينات ١-١-١ الخيار النوع المناسب التوربينات ١-١-١ الإنشانية ١-١-١ المحمال المحسابات الهيدروليكية ١-١-١ الأحمال العادية ١-١-١ الأحمال العادية ١-١-١ الأحمال العادية ١-١-١ الأحمال القصوى Secondary Loads
Y-A	۱-۲ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۱-۲ انواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۱-۳-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۱-۳-۱-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱-۳-۱-۲ الماخذ Penstocks ۱-۳-۱-۳ انابيب توصيل المياه Penstocks ۱-۳-۱-۵ التوربينات Penstocks ۱-۳-۱-۵ التوربينات المحلة Turbines ۱-۳-۱-۵ الليب السحب Draft Tubes ۱-۳-۱-۵ الدليل الخلفي Draft Tubes ۱-۳-۱-۵ الدليل الخلفي المناسب التوربينات المحال النوربينات المحال التوربينات المهدروليكية ۱-۱-۱ الأحمال الثانوية الحسابات الإنشائية ۱-۱-۱ الأحمال العادية المحال التانوية Secondary Loads ۱-۱-۲-۸ الأحمال القصوى Secondary Loads ۱-۱-۲-۲ الأحمال القصوى Secondary Loads ۱-۱-۲-۲-۲ الأحمال القصوى Extreme Loads
Y-A	۱-۲۰۰۸ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۱-۲۰۰۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۱-۲۰۰۱ العليل الأمامي The Forebay ۱۰۲۰۱۰ العليل الأمامي Penstocks ۱۰۳۰۱۰ انابيب توصيل المياه Penstocks ۱۰۳۰۱۰ انابيب توصيل المياه Hydraulic Turbines ۱۰۳۰۱۰ العربينات Tail Water Pond العليل الخلقي المحال المناسب التوربينات المحال المناسب التوربينات المحال النوع المناسب التوربينات المحال النوع المناسب التوربينات المحال المحال العادية المحال التصميم المحطة وي المحال التصميم المحال التصميم المحال التصميم المحال التصميم المحال التصميم التحديد التصميم التصميم التصميم التحديد التصميم التحديم التصميم التحديد التحد
Y-A	۱-۲ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائيه ۱-۲ انواع محطات الطاقة Types of Power Plants ۱-۳-۱ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائيه ۱-۳-۱-۱ الدليل الأمامي The Forebay ۱-۳-۱-۲ الماخذ Penstocks ۱-۳-۱-۳ انابيب توصيل المياه Penstocks ۱-۳-۱-۵ التوربينات Penstocks ۱-۳-۱-۵ التوربينات المحلة Turbines ۱-۳-۱-۵ الليب السحب Draft Tubes ۱-۳-۱-۵ الدليل الخلفي Draft Tubes ۱-۳-۱-۵ الدليل الخلفي المناسب التوربينات المحال النوربينات المحال التوربينات المهدروليكية ۱-۱-۱ الأحمال الثانوية الحسابات الإنشائية ۱-۱-۱ الأحمال العادية المحال التانوية Secondary Loads ۱-۱-۲-۸ الأحمال القصوى Secondary Loads ۱-۱-۲-۲ الأحمال القصوى Secondary Loads ۱-۱-۲-۲-۲ الأحمال القصوى Extreme Loads

١٢-٨	٨-١٤- حسابات الإنزان Stability Calculation
١٣-٨	٨-١٤-٥ الإتزان في محطات القوى
17-1	٢-٥-٤-٨ إنزان سد الدليل الأمامي Forebay
	٨-٥ المراجع

## فهرس المجلد الرابع المدنية للرى والصرف (الجزء الثاني)

	لباب التاسع محطات الطلمبات Pump Stations
1-9.	٩-١ المجال
1-9.	٩-٢ أنواع محطات الطلمبات
1-9.	
1-9.	9-۲-۱-۱ الطلميات المائلة داخل عنبر الطلميات Indoor Pumps
	٩-٢-١-٢ الطلمبات المائلة بدون عنبر الطلمبات Outdoor Pumps
	٩-٢-٢ الطلمبات الرأسية
1_9.	٣-٢-٩ الطلمبات الأفقية
4-9.	٩-٣ مكونات محطات الطلمبات
4-9.	٩-٣-١ مجرى المص
Y_9	٩-٣-٣ حوض المص
T-9.	٩-٣-٩ عنبر الطلمبات
r_9	٩-٣-٤ حوض الطرد
٤-٩	٩-٣-٩ مجرى الطرد
٤-٩	٩-٤ البيانات الملازمة لإختيار محطة الطلمبات
٤-٩.,	٩-٤-١ الزمام الكلى الذي تخدمه المحطة
0_9	٩-٤-٢ النَّصر فات الكلية لمحطات طلمبات الرى
7-9	٩-٤-٣ التصرفات الكلية لمحطات طلمبات الصرف
1-9	٩-٥ تشغيل محطات الطلمبات
1-9	٩-٥-١ تشغيل محطات طلمبات الرى
Y-9	٩-٥-٢ تشغيل محطات طلمبات الصرف
Y-9	٩-٦ إحتياطات التصميم الإنشائي لمحطات الطلمنات
۹-۹	
9	٩-٦-٦ الطول الآمن لصندوق الستانر حول فرش المحطة
1 9	٩-٦-٣ فصل بيارة الطرد ووضعها على مسافة مناسبة بعيدة عن المحطة
1 9	٩-٦-٤ تبطين كل أو جزء من مجرى الطرد بالخرسانة المسلحة
	٩-٦-٥ تبطين كل أو جزء من مجرى المص بالخرسانة الصلحة
11-9	٩-٧ الأساسات و أنو اعها لمحطات الطلميات
11-9	٩-٧-١ جسات الموقع
11-9	٩-٧-٢ تحديد نوع الأساسات المناسب
11-9	٩-٨ الأحمال الحية والميتة الدانمة على منشأت المحطات ومتطلبات التصميم
14-9	٩-٩ إعتبارات تصميم الفرشة المسلحة والبغال والاكتاف في الإنجاه الطولى للمحطة
1 7 9	٩-١٠ التسليح العرضي للفرشة والتسليح الرأسي والأفقى للبغال والأكتاف
1 = 9	٩- ١١ الإجهاد الأقصى لحديد السليح والخرسانة بالمحطات
1 2-9	٩-١٢ نسب حديد التسليح الدنيا لعناصر محطة الطلمبات
1 = 9	٩-١٣ السرعات القصوى للمياه داخل وحدات المحطة
10_9	١٤-٩ شبك الأعشاب
10_9	٩-١٤- مواقع شبك الأعشاب
	9-\$ ١-٢ فو اقد ضغط المياه خلال شبك الأعشاب
1 V_9	١٥-٩ اليو ايات الحديدية لمحطات الطلميات

	9-1 مجارى التهريب لمحطات الطلمبات By-Passes
Y 9 .	٩-١٧ إحتياطات تنفيذ وإنشاء المحطات سواء للرى أو للصرف
Y 9 .	٩-١٧-١ أرانيك الحفر بمواقع المحطات
T1-9.	٩-١٧-٢ الْحفر الهندسي
Y1-9.	٩-١٧- تجفيف الموقع
Y1_9	٩-١٧-٤ أورنيك الردم
77-9	١٨-٩ المراجع
	الياب العاشر الآبار Wells
1-1	• ١-١ الدر اسات التمهيدية قبل حفر الآبار
1-1	، ١-١-١ مقدمة
1-1	١٠١-١ الإستقصاءات الأولية للخزان الجوفي Groundwater Exploration
	٠١-١- توعية البيانات المطلوبة
	۱ - ۱ - ۱ - ۱ بیانات مناخیة
	٠١-١-٢ نظام المياه السطحية
	١٠١-١-٣ الخر أنط و القطاعات
	٠١-١-٤ حصر الأبار الموجودة
Y-1	. ١ ـ ١ ـ ٥ ـ بيانات الطبقة الحاملة Aquifer
	۱-۱- تجهيز البيانات وعرضها Data Processing and Presentation
	ا - ا - ا تجهيز البيانات Data Processing
	۱-۱-۱- عرض البيانات Data Presentation
	اداء نظام شبكة التقييم Setup of Evaluation Network
	١-١-١ الإستَقصاءات الحقلية
	١ - ١ - ١ تجميع البيانات الحقلية
	١-١-١-٢ طرق الاستشعار عن بعد Remote Sensing Techniques
	. ١ - ١ - ٣ - ١ المساحة الجيوفيزيانية Geophysical Survey
	١٠١-١- تقييم الخزان الجوفي Groundwater Evaluation
	١-١-٨ استغلال وإدارة المياه الجوفية
1-1.	٠١-٢ أنواع الآبار المستخدمة في مشروعات الري والصرف
	الأبار الإنتاجية Discharge Wells الأبار الإنتاجية
	. ۱-۱-۲-۱ بیت المضخة Pump house
	٠ ١-١-٢ رأس البئر
	۰ ۱-۲-۱-۳ ماسورة البنر Casing
	. ١-٢-١٠ المضخة
	. ۱-۲-۱- العازل الطيني Clay Seal
	. ١-١-١-١ المصافى Screen
	۱-۲-۱ مصيدة الرمال Sand Trap
9_1.	۰ ۱-۲-۱ أذرع التمركز Centralizers
	٠١-٢-١-٩ الغلاف الزلطي
9_1.	. ۱-۲-۲ آبار الملاحظة Wells Conservation
9_1.	البيزومترات Piezometers البيزومترات Piezometers
9_1.	المجادع المبيروالفرات Recharge Wells
	Radial Collector Wells بار التجمع الشعاعي Radial Collector Wells
	THE PARTY OF THE P

1 1	١٠- معايير تصميم الأبار الإنتاجية
11	١-٣-١ عناصر التصميم
1 1 .	١ ـ ٢ ـ ١ ـ ١ مقاس الغلاف الزلطي وفتحة المصافي
15-1	، ١-٣-١ قطر المصافى
10_1.	، ١-٣-١- غلاف المضخة Pumping Casing وقطر البنر
10_1.	، ۱-۳-۱ هيدروليكا الآبار
10_1.	، ۱-۲-۲ قانون دارسی Darcy's Law
17.1.	، ١-٢-٢-٢ تعريف أنواع الطبقات الحاملة للمياه Aquifèrs
19_1.	. ١-٣-٢-٣ الخصائص الهيدروليكية للطبقات
191.	· ۱-۲-۲- علاقة تصرف البئر ومقدار الهبوط في سطح المياه.
Y 1 1 .	• ٢-٢-٢- عمله نصرف البعر ومقار الهبوط في تقطع الفياه
Y 6 1 .	
	. ا ـ ٣-٢-٣ الظروف الحدودية Boundary Conditions
	٠٠ ـ ٢ ـ ٢ ـ ٨ ـ تخطيط حقل الآبار
	٠١- ٤ حفر الأبار واشتر اطات التنفيذ
YV 1.	٠١-٤-١ مقدمة
YV 1	٠١-٤-٢ طرق الحفر
YY_1.	٠١-٤-٢-١ الحفر اليدوى
	3
	١٠٤-٢-٣ الحفر الهيدروليكي الدوار Hydraulic Rotary Drilling الحفر الهيدروليكي الدوار
	١٠٤-٢-٤ الحفر الهيدروليكي الدوار بالدورة العكسية Reverse Circulation
	٠١ ـ ١ ـ ١ ـ الحفر بالدق الدوار Botany Percussion
	٠١-٤-٣ سوائل (موانع) الحفر
1/-1 •	١٠-٤-٤ الإشراف على التنفيذ
17_1.	١٠٠-١-١ التحقق و التدقيق و التنظيم الأعمال الحفر
1 - 1 -	٠١-١-٤-٢ الزيارات المنتظمة للموقع والنقارير اليومية
) •= ) •	٠١-١-٤-٤ تقرير البنر
1 1-1 •	٠١٠ المواد و المهمات المستخدمة في إنشاء الأبار
11-1.	١-٥-١ غلاف البئر والمضخة Casing and Pump Casing
	. ۱ - ٥- ١ المصافى ومصيدة الرمال Screen and Sand trap
77_1.	.١٥-٥ مواد الغالف الزلطي Gravel Pack Materials
FT-1 •	٠١-٥ع مواد الكتم الماني Seals
2.1) •	٠١٠٥ البلوكات الخرسانية وفوهة البئر وغرفة المضخة
rv_1.	٠١- تشطيب وتنمية الأبار
rv_1.	۱-۱-۱ تشطیب البنر Well Completion
rv_1.	. ۱-۱-۲ تتمية البنر Well Development
rv_1.	١٠١-٢-٦-١ التنمية بطريقة الضخ Pumping
rv_1.	، ١-٣-٢- النتمية بطريقة التمور (الكبس) Surging
۲۸_۱.	• ١-٦-٦- التنمية بطريقة ضخ المياه بالهواء المضغوط Airlift Pumping
19-1.	٠ ١-٦-٦ التنمية بطريقة النفات الهيدروليكي Hydraulic Jetting
1-6-1.	۰ ۱- ۲- ۲- التتمية بالكيماويات Chemicals
۳۹_۱.	٠١-٦-٦ مسئوليات المشرف على تتمية البنر
1-13	٠١٠ تشغيل وصيانة و إعادة تأهيل الأبار

£1_1.	. ١٧١١ تشغيل الأبار
£7-1.	• ١-٧-٢ صيانة الآبار
£7-1. P	reventive Maintenance الصيانة الوقانية
٤٢-١٠. Com	rective Maintenance الصيانة الإصلاحية ٢-٢-٧-١٠
	. ۲-۲-۷-۱ الصيانة الشاملة Overhaul
	• ٧-٧-١ متانيعة أُداء البنر
	Well Rehabilitation إعادة تأهيل الأبار
£r_1.	• ١-٤-٧-١ أسباب انخفاض ابتاجية البئر
٤٦_١.	
	• ١-٤-٤ تنفيذ إعادة التشغيل بالكيماويات
	٠ ١ - ٨ إذتبارات الضخ من الأبار
01.	
	٠ ١ - ٨ - ١ الغرض من إختيارات الضخ
	۰ ۱ - ۱ - ۱ - ۱ النتابع الطبقي و البيانات الهيدر و جيولو جية
	١٠١-٨-١٦ الاستعدادات والتركيبات الخاصة بالبئر
	٠٠ ـ٨-١- خطوات ومعدات وأرصاد الإختبارات
	٠١ ـ ٨ ـ ١ ـ ٥ تحليل الأرصاد والقراءات ysis of Records
1 1 - 1 ·	٠١-٨-١- تبويب وحفظ البيانات
	۱ - ۱-۸-۱ إختبار خطوة الهبوط Step Drawdown Test
	٠١-٨-٢- اجراء الإختيار
	٠١ -٨-٢-٢ تمثيل البيانات
	٠٠ - ٢-٨-١٠ تحليل البيانات
	۱۰ ـ ۸ ـ ۳ اختبار البئر Well Test
	١٠ -٨-٣-١ إجراء الإختبار
	١٠ ـ ٨ ـ ٣ ـ ٢ تَمثيل البيانات
7 - 1 - 2 7	٠ ١ -٨-٣-٣ تحليل وتقييم البيانات
۸۵_۱،	٠١ - ٩ المراجع
	الباب الحادي عشر الكباريBridges
1 = 1 }	ا ا ماقه ا ما ا
	١١-١-١ تعريف
1-11	۱۱-۱-۲ مكونات الكبارى
1_11	۱۱-۱-۱ تصنیف الکباری
	١١٠٦ الاستكشافات الخاصة بأعمال الكبارى
Y_11	١١-٢-١ الحاجة إلى الإستكشافات
7_11	٢-٢-١١ المعلومات الأولية التي يجب تجميعها
	٣-٢-١١ إختبار البيانات المسجلة المتاحة
	١١-٢-٢-١ الخرائط المساحية الطبوغرافية
	١١-٢-٣-٢ الصور الجوية
r_11	٢٠٢-٢-١١ صور الأقمار الصناعية
- A A	
س النهر	١١-٢-٢-٤ حصر أعمال الصيانة للمنشآت المقامة على نف

	Υ_ ) )	١١-٦ إختيار موقع الكوبري
	£_11	١١-٣-١ المساحة الهيدروجرافية
	£_11	
		١١ ـ ٣ ـ ٣ ـ ١٧ عتبار ات الهيدر وليكية الأخرى
		١١٣-١١ مقدمة
		١١ ـ ٣ ـ ٣ ـ أنواع الأنهار
		١١ ـ٣-٣-٣ خواص الأنهار
		١ ١ - ٣ - ٣ عور فولوجية الأنهار
		١١-٣-١ تأثير الكباري على توازن النهر
		١١-٣-١٠ الأبعاد الهيدروليكية لقناه النهر
		١١-٤-٢ المجرى المائي الخطي
		١١-٣-١ البحر الإقتصادي للكوبري
		١١ ـ ٣- ١ مو اقع الدعائم و الأكتاف
		٧ ـ ٣ ـ ١ لخلوص الرأسي فوق أعلى منسوب للفيضان
		١١ ـ ٢ ـ ٨ استكشاف التربة
		٩-٣-١١ عمق النحر
		١١-٣-١١ إختيار نوع الكويري
	10_11	
		١١-٥ الاعتبار ات العامة الخاصة بالتصميم
	17_11	١١_٥_١١ عام
	17_11	١١_٥-١ الخرسانة المسلحة
	11_71	١ ١ ـ ٢ ـ ١ - ١ أسس التصميم
		١١_٥_٢ الموآد
	11-11	۲-۵-۱۱ رتبة الخرسانة "f
4	11.11	١١ ـ ٥ ـ ٢ ـ ٤ الأجهادات المسمّوح بها تحت تأثير الأحمال المختلفة
•		١١ ـ٥-٢-٥ أسياخ التسليح والغطاء الخرساني لصلب التسليح
		11-0-11 العرض الفعال لشفة الكمرات على شكل حرف T أو
٩	9-11	٧١٥-٥-١١ تقطيع الأسياخ
'	9_11	١١-٥-٢-٨ تصميم الخلطات الخرسانية
1	9_11	١١-٥-٢-٩ اعتبارات لتفصيلات الكبارى الخرسانية المسلحة
		١١_٥_٢١ الصلب
		١١_٥_٣-١ الموك
		١١ ـ ٥ ـ ٣ ـ ١٧ الاجهادات المسموح بها
		١١ـ٥-٣-٣ تفاصيل عامة للكبارى الحديدية
		١١-٥-٤ الخرسانة سابقة الإجهاد
	1_11	
1	1-11	١١-٥-٤-٢ اعتبارات التصميم
		١١-٥-٥ السمات الخاصة بحركة المرور على كبارى الطرق الر
		١١-٥-٦ جماليات تصميم الكبارى
		١١-٦ الكبارى الخرسانية المسلحة
	7-11	
		۱۱-۲-۲ الكبارى ذات الكمرات على شكل حرف T
1	r_11	ا ۱ - ۲ - ۲ - ۱ عام

TO_1 '	١١.٦-٢-٢ عدد الكمرات الرئيسية والمسافات بينها
10_11	
10_11	
10_11	١١-١-٢-٥ تصميم بلاطة الكوبرى
77-11	١١-٣-٦-١ الجزء الكابولي
77_11	
77_11	
17-11	
YY_11	
YA_11	
79_11	——————————————————————————————————————
79_11	
T 11	
71-11	The state of the s
71-11	
71_11	
77_11	
77-11	Per-Tensioning الشد المسبق ٤-٧-١١
77_11	
77-11	١١-٧-٦ الكبارى الخرسانية سابقة الإجهاد بالشد المسبق
TE_11	
TV_11	
TY_11	١١-٧-١ الاجهادات المسموح بها في الخرسانة سابقة الإجهاد
TY_11	١١-٧-١ الإجهادات المسموح بها في الخرسانة
٣٨_١١	١١-٧-١-٢ الإجهادات المسموح بها في أعصاب سبق الإجهاد
TA_11	۱۱-۸ الکباری المعدنیة
TA_11	۱۱ـ۸-۱۱ عام
٤٠_١١	۱۱ ـ ۸ ـ ۲ الكبارى ذات الكمر ات اللوحية Plate girder bridges
11.11	۱ ۱-۸-٤ الكبارى ذات الكمرات الجمالونية Truss Bridges
11_23	۱ ۱ ـ ۸ ـ ۱ الكبارى المقوسة Arch Bridges
11_03	Cable Stayed Bridges الكبارى الملجمة Cable Stayed Bridges
£ ٧_ ١ ١	۱۱ ـ ۸ ـ ۱۷ الکباری الکابولیة
£Y_11	۱۱ ـ ۸ ـ ۸ الكبارى المعلقة (Suspension Bridges)
69_11	١١-٩ الكبارى الحجرية و الكبارى المركبة
11_93	ا ا ـ ٩ ـ ١ الأقواس الحجرية Masonry Arches
211	١١-٩-١ القواعد الرنيسية لتصميم الكباري الحجرية المقوسة
	١١-٩-١ حالة الإجهادات في الأقواس الحجرية
	Methods of Analysis طرق التحليل Methods of Analysis
	ا ۱-۹-۱ الطريقة المرنة Elastic Method
07_11	Graphical Method ا الطريقة البيانية Graphical Method
11_70	Composite Bridges الكبارى المركبة Composite Bridges
	Construction الشاء الكباري المركبة Construction
	THE TOTAL PROPERTY OF THE PROP

08_11	۲-۵-۹-۱۱ ناقلات القص Shear Connectors
05-11	١١-٩-٥-٣ تصميم الكمرات المركبة
07_11	١١-٠١ الكباري المؤقتة والكباري المتحركة
07-11	١١-٠١١ الكبارى المؤقّة Temporary Bridges
	۱۱-۱۰۱۱ الكباري الخشبية Timber Bridges
07_11	١ ١ - ١ - ٢ - ١ إجهادات التشغيل للأخشاب المستخدمة في الكباري
	١١ ـ ١ - ٢ ـ ٢ ـ ٢ الأجزاء المعدنية (الحديد) المستخدمه في الكباري الخشبية
	Bridges Timber Road كبارى الطرق الخشبية Bridges Timber Road
	۱۱-۱۱-۱ الكبارى العسكرية Military Bridges
	١١-١١ع الكباري العائمة Floating Bridges
	۱۱ـ۱۱- الكباري البونتونية Pontoon Bridges
	۱۱-۱۱- الكباري المتحركة Movable Bridges
	۱ ۱ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۱ کوبری الدور ان Swing Bridge
	۱ ـ . ۱ ـ . ۲ ـ ۲ ـ الكوبرى المفتوح Bascule Bridge
	۱۱-۱۱-۳ الكوبرى المرفوع رأسيا Lift Bridge
	Transporter Bridge الكوبرى الناقل Transporter Bridge
	۱۱-۱۱ الجزء السفلي للكوبري Substructure
	١-١١-١١ تعريف
	1 ا ـ ۱ ا ـ ۲ كرسى الكوبرى Bed Block
	١١-١١- المواد المستخدمة في دعامات وأكتاف الكباري
	Piers الدعامات 2-۱۱_۱
76-11	١١-١١-١٤ الأحمال والقوى التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم الدعامات
	الأكتاف Abutments الأكتاف
	١١١١٥ - ١ الأحمال والقوى التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم أكتاف الكباري
	١١-١١-٦ الردم خلف الأكتاف
	۱۱-۱۱-۷ بلاطة الانتقال Approach Slab
11_15	Foundations الأساسات 17-11
	١-١٢-١١ عام
11-17	١١-١٢-٢ النحر عند الدعامات والأكتاف
74-11	٢-١٢-١١ عمق التثبيت أحفل عمق النحر المتوقع Grip Length
7.1.1	۱۱-۱۲-۱ فنواع الأساسات
	Shallow Foundations الأساسات السطحية
	١١-١٢- الأساسات الخاروقية
	١ - ٢ - ١ - ١ - ١ الأساسات الخاز و قية الخرسانية سابقة الصب
	١ ١ - ٢ - ٢ - ٢ الأساسات الخرسانية المصبوبة بالموقع
	۲-۱۱-۲ وصل الخوازيق Pile Splicing
1.4-11	۱ ۱-۲ ۱-۷ الأساسات القيسونيه المفتوحه (الأبارية) Well Foundations
	ا ۱-۲ ۱-۸ القيسونات البنيوماتية Pneumatic Cassions
	١١-١٢- القيسونات الصندوقية
	١١-١١ قواعد التحميل - الوصلات - الدر ابزينات
	ا ۱-۱۳-۱ قو اعد التحميل علوطنون على Bearings
	۱ ۱ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۱ قواعد التحميل للكباري ذات البلاطات Slab Bridges
	۱۱-۱۱-۱۲ قواعد التحميل للكباري دات الكمر ات Girder Bridges
1-	

YY_\\	xpansion Bearings قواعد التحميل القابلة للتمدد
٨٠_١١	ا ١-١٣ـ١٤ القواعد الثابتة Fixed Bearings
A1_11	۲-۱۳-۱۱ وصلات النمدد Expansion Joints
AY_11	۲-۱۳-۱۱ الدر ابزينات Handrails
AT-11	١١-١٤ الإنشاء والصيانة
17-11	١١-١٤-١ طريقة الإنشاء وتأثير ها على تكلفة الكوبري
AT-11	١١-١٤ - ٢ الكباري ذات البحور القصيرة
17-11	١١ ـ ٤ ١ ـ ٣ الكبارى المعدنية
AT-11	١١-١٤ - الكبارى الخرسانية ذات البحور الطولية
AE-11	١١-١٤- الشدات والفرم للكباري
AE_11	١١-١٤- إدارة التشييد
AE_11	۷-۱۶-۱۱ الصيانة Maintenance
A7-11	١١ـ١٥ المراجع
	<u> </u>
	الباب الثاني عشر الأنفاق Tunnels
1-17	١-١٢ مقدمة
1-17	٢-١٢ العناصر الرئيسية اللازمة لتخطيط وتصميم الأنفاق
Y_1 Y	٢ ١ - ٣ مكونات النموذج الإنشائي لتصميم الأنفاق
7_17	١٢-٤ الدر اسات الحقاية الجيوتقية و إختبار ات التربة
7-17	١١-٤-١ مقدمة
T_17	٢ ١ - ٤ - ٢ الأنفاق في الصخر
£_17	٢ ١ - ٤ - ٣ الأنفاق في النربة
ات المعملية	١٢-١-٤ تحديد معاملات التربة عن طريق جس التربة والإختبار
A_17	١٠١٥ تقييم وتوثيق نتائج الإختبارات
	١٢ - ٥ الطرق المختلفة لتتفيذ الأنفاق Tunneling Methods
9_17	١ ١ ـ ٥ ـ ١ طرق تتفيذ الأنفاق في التربة الرخوة
9_17	١٠-٥-١٠ الدرع المفتوح Open Shield
11YClosed	٢ ـ ـ ٥ ـ ١ ـ الدرع المغلق و الدرع النصفي d and Half Shield
	٢ ـ ـ ٥ ـ ١ ـ ٣ الهبوط Settlement المصاحب لتتفيذ الأنفاق بأسلود
	١٢-٥-١٠٤ التبطين الإبتدائي Primary Lining للأنفاق المنفذة
17-17	١١-٥-١٦ إستخدام الهواء المضغوط في تنفيذ الأنفاق
17_17	١٢-٥-١٦ مُقومات إستخدام أسلوب الدرع في تتفيذ الأنفاق
17_17	٢ ١ - ٥ - ٢ طرق تنفيذ الأنفاق في الصخر
17_17	Drill and Blast Method طريقة النَّقب والنسف
Y9_YY Road Hea	der Machine Excavation طريقة ماكينة الحفر
7 £ - 1 Y	nnel Boring Machine طريقة مخرطة التجويف
79_17	١٠-١ تأثير الظروف المعاكسة للصخر على حفر الأنفاق
77_17	١٢-٧ معالجة التربة لحفر الأنفاق
77_17	١-٧-١٢ طرق معالجة التربة
77-17	١-١-١-١ فرح الماء الأرضى
70_17	Electro-Osmosis النتاضح الكهربي ٢-١-٧-١٢
77_17	۱-۱-۱-۱ التناصيخ المهربي Electro-Osmosis
£ 7 1 7	ards in Tunneling المخاطر المصاحبة لإنشاء الأنفاق
Haz	Ards in Tunneling المصاحبة لإنساء الانعاق

ث المخاطر في الأنفاق	١ - ٨ - ١ الاحتياطات الواجب اتخاذها لمنع حو
£7-17	٩-١٢ سند الأنفاق Support of Tunnels
£1-17	١ ١ ـ ٩ ـ ١ مقدمة
ة المدنية	١٢_٩_٢ الأنواع الشائعة لنظم سند أنفاق الهندس
£ £ _ 1 7 Rock	Reinforcement تدعيم الصخر
Concrete and Shotcrete Lini	
	٢ ١ - ٩ - ٢ - سند التربة باستخدام الحديد الزهر أ
	١٠-١٢ الإجهادات والإزاحات المصاحبة لحفر
77-17	١ - ١ - ١ - ١ الإجهادات في التربة
	٢ ـ . ١ - ٢ تَأْثِيرُ حفر النفق على الإجهادات في
ال الجاذبية المصاحبة للأنفاق المحفوره بالقرب	
76-17	من سطح الأرض
ن الأنفاق العميقة	٢ ١ - ١ - ٢ - ٢ إعادة توزيع الإجهادات بالقرب م
مصاحبة له	
	een Tunnels التداخل بين الأنفاق ٣-١٠-١٢
71-17	١١-١٢ تصميم الأنفاق
٦٨_١٢	١-١١-١٢ اعتبار ات تصميم أنفاق الهندسة المدن
V17	٢-١١-١٢ طرق التصميم
Y17	٢ - ١ - ١ - ٢ - ١ الطرق التحليلية
V1_17	٢-١١-١٢ الطرق الحسابية والعددية
	al Methods) الطرق التجريبية
Y1_17	٢ ١ - ١ ١ - ٢ تصميم الأنفاق في التربة
	١١٢١-١٦-١ تصميم تبطين الأنفاق لمقاومة أحا
مال النوية ٧٤-١٢	٢ ١ ـ ١ ١ ـ ٢ - ٢ تصميم تبطين الأنفاق لمقاومة أحا
AV_1Y	١١-١١-٤ تصميم الأنفاق في الصخر
	١١-١١-١٠ تصميم الأنفاق في مواجهة البناء
	١١-١١-٤٢ تصميم الأنفاق في مواجهة الإجه
3	ehavior سلوك الكتلة الصخرية
آه.۳-۱۲	١١٠١٢-٤-٤ الطرية غير العادية انصميد الأنفا
1.5-17	١٢ ١١ ٥ القول الوقالية
1.5-17	١١٠١١ الغريزين القوليدات الحقاية
1.0_17	٢١١١١٢ طرف القراب إن الحقاية
1.7-17	المارة المنافعة المنا
1.4-17	١٢١٢ الداده
100000000000000000000000000000000000000	
١	ملحق م-١: خرسانة المنشآت المانية
1-2	م-۱-۱ تعریف
1	و-١-٢ مكونات خرسانة المنشأت المانية
١	و- ١-٦ خو اص مو اد خر سانة المنشأت المائية .
١	و-1-1-1 الدكام
١	و - ۱ - ۲ - ۲ الأسمنت
T-2	د-١-٣-٣ ماء الخلط و المعالجة

۲-۶	م-١-٣-٤ الإضافات
۲-۶	م-١-٣- مديد السليح
۲۲	
٣-٦	م-١-٥ تأكيد وضبط الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة للمنشأت المائية
٣ م	
٣	

#### الباب الأول شبكات الرى المبطنة Lined Irrigation Networks

#### ١-١ فواقد التسرب وسياسة تبطين الترع

تتعرض نسبة كبيرة من مياه الرى المنطلقة فى الترع والمساقى إلى الحقول والمزارع للفقد بصور مختلفة منها البخر والتسرب ولما كان من اهتمامات المسئولين عن استخدامات مياه الرى تجنب هذه الفواقد والوصول بها إلى أقل قدر ممكن فقد كان التفكير فى الأعمال اللازمة لتحقيق هذه الأغراض ضروريا وذلك بتبطين مجارى الرى (الترع والمساقى بمختلف درجاتها) أو باستخدام شبكات من خطوط المواسير لنقل وتوزيع مياه الرى.

وتختلف تقدير ات نسبة الفاقد من المياه باختلاف الظروف الهيدروليكية لشبكات الرى الحاملة لهذه المياه. وقد تصل الفواقد خلال عمليات انتقال المياه للحقول والمزارع خلال شبكات الرى إلى نحو ثلث كمية المياه المنطقة عند أفمام الترع. ويفقد الثلث الأخر من هذه المياه بالتسرب العميق أو من خلال الصرف السطحى أثناء عمليات استخدام المياه في رى الأراضى ويمثل الثلث الأخير المتبقى ما يستفاد منه بالفعل.

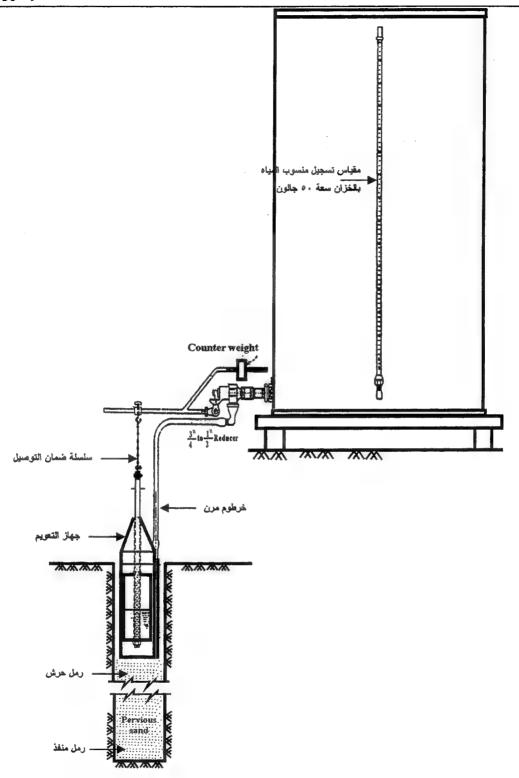
#### ١-١-١ تجارب تحديد النفاذية قبل التنفيذ

إن الغرض الرئيسى لتبطين الترع هو تجنب وتقليل فاقد المياه بالتسرب بالإضافة إلى مزايا أخرى منها مقاومة النحر والتآكل. وقرار تبطين ترعة مقترح تنفيذها يلزم أن يسبقه دراسة للتربة على طول مسارها المقترح وذلك لتحديد نوع التربة ودرجة نفاذيتها. وللتحقق من ذلك يلزم عمل تجارب قياس نفاذية التربة لتحديد التسرب المحتمل حدوثه وبالتالى دراسة أهمية تبطين مجرى الترعة وذلك بالطرق الآتية:

#### ١-١-١-١ بئر القياس

تتبع هذه الطريقة لتحديد النفاذية في الطبيعة على مسار الترعة وتعتمد التجربة على قياس تصرف منتظم للمياه من البئر ومنسوب المياه به ثابت. ومن المفضل تكرار التجربة على مواقع مختلفة على طول محور الترعة مع مراعاة أن يكون منسوب قاع بئر الاختبار مع انحدار قاع الترعة في الاتجاه الطولى ومنسوب المياه به مع منسوب المياه المقترح بالترعة. ويوضح الشكل (١-١) تفصيلات جهاز بئر القياس وفيما يلى خطوات ومراحل التجربة:

يتم حفر البئر باستخدام بريمة الحفر وبقطر مناسب مع مراعاة أن يكون عمق البئر من (١٠ - ٥٠) مرة نصف القطر ولا يقل قطر البئر عن ١٠ سم ومن الأفضل أن يكون القطر ١٥ سم مع مراعاة عدم تغليفه. ويلزم تنظيف البئر ثم ملؤه بالرمال الحرشة حتى منسوب المياه تقريبا لحمايته من التهايل.



شكل (١-١) بئر القياس

- جهاز التعويم من الحديد المجلفن أسطواني المقطع وبرأس مخروطية مجوف لتركيب عوامة بداخله يتم إنزاله بالبئر مع ملء الفراغ حوله برمال حرشة.
- يعمل الجهاز بواسطة سلسلة ضمان توصيل الحركة المثبتة في ذراع التشغيل والتي تعمل على تشغيل محبس العوامة المركب عند مخرج خزان المياه سعة (٥٠ جالون) إلى أن يتم الوصول لمنسوب ثابت للمياه بالبئر.
  - يتم توصيل المياه من المحبس إلى البئر بواسطة وصلة خرطوم مرنة قطر ١,٢٥ سم.
- التغير المطلوب في منسوب المياه يمكن تحقيقه بتثبيت طول سلسلة نقل الحركة المثبتة في ذراع التشغيل.
- مقياس تسجيل منسوب المياه بالخزان يكون متدرجا لتسجيل كميات المياه المتدفقة من الخزان الميالي البئر بدقة.
- نظرا للتغير في درجات الحرارة المتوقعة في موقع التجربة وتأثير ذلك على درجة لزوجة المياه فإنه من المهم تسجيل درجة حرارة المياه خلال فترة التجربة وذلك لتصحيح معامل النفاذية لدرجة ٢٠ م القياسية.
- نتواصل تجربة تحديد النفاذية بتسجيل قراءات مقياس التصرف المركب على الخزان سعة ٥ جالون مقابل فترات زمنية فاصلة ومن هذه القراءات يمكن حساب التصرفات التراكمية خلال فترة زمنية محددة وبالتالي يمكن حساب معدلات التصرف خلال أي فترات زمنية.
- من هذه الأرصاد يمكن حساب معامل نفاذية التربة الذي يرمز له بالرمز (K) بالمعادلات (1-1) ، (1-7) ، (1-7) الواردة فيما بعد وفقا للعلاقة بين عمق المياه في البئر ومنسوب المياه الأرضية في الموقع حسب الحالات المختلفة الموضحة في شكل (1-7).

 $(T_u > 3 h)$  منسوب ماء أرضى منخفض

 $(h \le T_u \le 3h)$  حالة (۲) : منسوب ماء أرضى مرتفع

$$K_{20} = \frac{525600 \left( \text{Log}_{e} \left( \frac{h}{r} \right) \frac{Q}{2\pi} \right)}{h^{2} \left( \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \left( \frac{h}{T_{u}} \right)^{-1} \right)} \left( \frac{\mu_{T}}{\mu_{20}} \right). \tag{1-2}$$

 $(T_u < h)$  عالة (T): منسوب ماء أرضى مرتفع

$$K_{20} = \frac{525600 \left(\text{Log}_{e} \left(\frac{h}{r}\right) \frac{Q}{2\pi}\right)}{h^{2} \left(\left(\frac{h}{T_{u}}\right)^{-1} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{T_{u}}\right)^{-2}\right)} \left(\frac{\mu_{T}}{\mu_{20}}\right) \qquad (1-3)$$

حيث

معامل نفاذیة التربة عند درجة حرارة  $^{\circ}$  م (قدم / سنة)  $K_{20}$ 

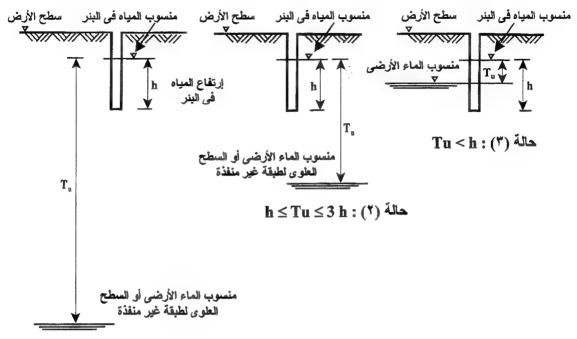
h = إرتفاع المياه في بئر القياس

r = نصف قطر بئر القياس

Q = rتصرف المياه الخارج من بئر القياس (قدم ﴿ / دقيقة ﴾

معامل لزوجة المياه عند درجة حرارة ٢٠° م وعند درجة حرارة إجراء تجربة القياس  $\mu_{T}$  ,  $\mu_{20}$ 

فارق المناسيب بين سطح المياه في البئر والماء الأرضى أو السطح العلوى لطبقة غير منفذة  $T_{
m u}$ 



حالة (١) : Tu > 3 h

# شكل (١-٢) العلاقة بين عمق الماء في بنر القياس والعمق لمستوى الماء الأرضى (١-١) العلاقة بين عمق السطح العلوى لطبقة غير منفذة)

#### ١-١-١-٢ البيزومترات

يمكن إختبار نفاذية التربة بإستخدام البيزومترات وذلك بتركيب عدد منها على طول مسار الترعة. وتبدأ أعمال رصد وتسجيل القراءات عندما يصل منسوب المياه الأرضية إلى حد التوازن (منسوب المياه داخل أنبوب البيزومتر يتعادل مع منسوب الماء الجوفى خارجه) ويؤثر قطر وإرتفاع الفجوة (غير المدعمة) تحت أنبوب البيزومتر على حساب نفاذية التربة.

يتم تخفيض منسوب المياه داخل البيزومتر عن وضع الإتزان السابق ويرصد الفارق بين منسوب سطح المياه داخل البيزومتر ووضع الإتزان الأصلى (Y) مع الزمن (t) وتستخدم المعادلة (1-3) لحساب معامل النفاذية (K).

$$K = \frac{3600 \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \text{Log}_e\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right)}{A(t_2 - t_1)}$$
 (1-4)

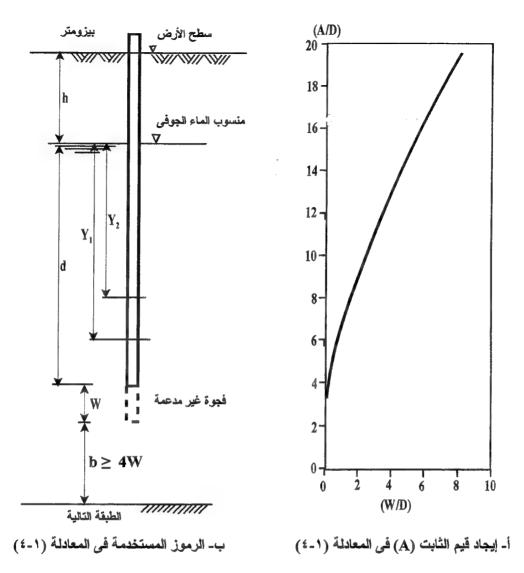
حيت

K = معامل النفاذية (بوصة / ساعة)

الإتران  $Y_1, Y_2$  المسافة بين منسوب المياه داخل البيزومتر عند الفترات الزمنية  $(t_1, t_2)$  تحت وضع الإتران الأصلى

D = قطر البيزومتر

 $Y_2$  الفترة الزمنية التي يتغير خلالها الفارق في منسوب المياه من  $Y_1$  إلى  $Y_2$  السطح العلوى  $Y_3$  النيزومتر (D) وإرتفاع الفجوة (W) وبعد قاع الفجوة عن السطح العلوى للطبقة التالية (b) ويمكن إيجاد قيمة الثابت  $Y_3$  من الشكل ( $Y_3$ )



شكل (١-٣) طريقة البيزومتر لقياس معامل النفاذية

### ١-١-٢ حساب فواقد التسرب

يتم تقدير فاقد التسرب في الترع بإستخدام معادلات تجريبية خاصة في الظروف التي لا يتيسر فيها توفر المعطيات العملية من تجارب قياس فاقد التسرب في الطبيعة.

ومن المعادلات المستخدمة في حساب فاقد التسرب في الترع معادلة موريتز (Moritz) التي تعطى فاقد التسرب بالمتر المكعب في الثانية للكيلومتر الطولي من حبس الترعة كما يلي:

$$S = 0.65 \text{ C} \sqrt{\frac{Q}{V}}$$
 (1-5)

حيث

S = 1الفاقد من المياه بالتسرب بالمتر المكعب في الثانية لكل كيلومتر طولى من الترعة

Q = تصرف الترعة بالمتر المكعب في الثانية

متوسط سرعة المياه في الترعة بالمتر / ثانية m V

حكعب المياه المفقودة في فترة 75 ساعة خلال المتر المسطح من قطاع الترعة المغمور وقد أمكن تحديد قيمة المعامل (C) لأنواع التربة المختلفة :

قيمة (C)	نوع التربة
•,170	تربة طينية وطينية طفلية
٠,٢٠٠	تربة رملية طفلية
٠,٥١٢	تربة رملية حجرية
۰,٦٧١	تربة رملية حصوية
•,1••	حصوية أسمنتية متماسكة

وبالإضافة إلى معادلة (Mortiz) تستخدم المعادلة (١-٦) في حساب فاقد التسرب في الترع.

$$S = \text{CLP } \sqrt{\text{D}} \qquad (1-6)$$

حبث

S = الفاقد بالتسرب والبخر بالمتر المكعب / ثانية

L = طول الترعة بالكيلومتر

P = المحيط المغمور بالمياه من قطاع الترعة بالمتر

D = 1 العمق الهيدروليكي المتوسط الآترعة بالمتر ويحسب من خارج قسمة مساحة القطاع المائي الترعة على عرض القطاع المائي عند أعلى منسوب المياه بالترعة

 $^{\circ}$  - معامل يعتمد على نوع التربة ويساوى  $^{\circ}$  ، ، ، ، ، في التربة الطينية المتماسكة ، ويساوى  $^{\circ}$  ، ، ، ، ، في التربة الرملية

وتستخدم المعادلتين (١-٥) ، (١-٦) لحساب فواقد التسرب في الترع الترابية (غير المبطنة)

وفي حالة الترع المبطنة تستخدم المعادلة (١-٧) لحساب فاقد التسرب.

$$S = \text{Kd} \left( \frac{B}{d} + \frac{b}{t_1} + \frac{d\sqrt{1 + Z^2}}{t_2} \right)$$
 (1-7)

حيث

K = معامل النفاذية متر / سنة

B = عرض القطاع المائي بالمتر عند أعلى منسوب للمياه بالترعة

b = عرض قاع الترعة بالمتر

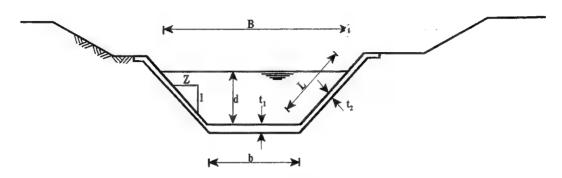
d = عمق المياه بالترعة عند أعلى منسوب

سمك تبطين قاع الترعة  $t_1$ 

سمك تبطين الميول الجانبية للترعة  $t_2$ 

S = التسرب بالمتر المكعب في السنة للمتر الطولي من قطاع الترعة

ولحساب الفاقد بالتسرب من الترعة بالمتر المكعب للمتر المسطح من قطاع الترعة في اليوم الواحد يتم قسمة ناتج (S) من المعادلة السبابقة (I-V) على حاصل ضرب (I-V) محيط الترعة المغمور بالمياه (I-V) يوم). ويوضح الشكل (I-V) الرموز المستخدمة في المعادلة (I-V).



شكل (١-٤) حساب فاقد التسرب في الترع المبطئة

### ١-١-٣ العوامل المؤثرة على التسرب

هناك عوامل رئيسية تؤثر على كمية فاقد التسرب من قطاعات الترع يمكن إيجازها على النحو التالى:

- طبيعة بنية التربة.
- عمق المياه بالترعة حيث يزداد التسرب كلما زاد عمق المياه.
- طول الجزء المغمور من قطاع الترعة (القاع والميول الجانبية) حيث تزداد كمية التسرب بزيادة الجزء المغمور.
- كمية الطمى العالقة بالمياه المتدفقة في الترعة وتدرج أقطار حبيباته فكلما زادت كمية الطمى وصغر قطر الحبيبات تعمل على ملء الفراغات على القاع والميول الجانبية (عند ترسبه) وبالتالى يقل معدل التسرب.
- العلاقة بين منسوب المياه الأرضية بالأراضي المجاورة (أيمن وأيسر الترعة) ومناسيب المياه بالترعة حيث أن ذلك يحدد الإنحدار الهيدروليكي لخط الرشيح الذي يؤثر على معدل الفاقد بالتسرب.
- · فترات إستخدام الترعة في مناوبات الري إذ كلما زادت وطالت هذه الفترات قل معدل التسرب إذ تصل مسامية التربة إلى درجة عالية من التشبع نقل معها النفاذية إلى حدها الأدني.
  - الخواص الكيميائية للتربة ونوعية المياه.

### ١-١-٤ إختبارات وحسابات التسرب بعد تبطين الترع

يلزم أن يتم إختبار التسرب لأحباس الترعة المختلفة بعد إتمام تتفيذ أعمال تبطين المجرى المائى والتأكد من أن فواقد التسرب المقاسة لا تتعدى المعايير القياسية للتسرب بعد التبطين مما يؤكد مطابقة التبطين للمواصفات والاشتر اطات الفنية. وتتم هذه الإختبارات بإحدى الطرق التالية:

# Ponding Method طريقة البركة

تعتبر طريقة إختبار التسرب بطريقة البركة أكثر الطرق دقة ويعتمد عليها في الحصول على نتائج طيبة ويتم الإختبار بالخطوات التالية:

- يتم إنشاء سد في بداية ونهاية حبس الترعة المراد إختباره.
- يتم إنشاء بيارة على مسطاح الترعة مع مراعاة أن يكون قاع البيارة مع منسوب قاع الترعة وتركيب ماسورة لتغذية البيارة بالمياه من الترعة ويركب بهذه البيارة جهاز آلى لتسجيل مناسيب المياه على ورق بياني.
- . يُلْزُم مراعاة نظافة الحبس المختبر من الترعة وإزالة سفى الرمال المتراكم على قاع وميول قطاع الترعة حيث أن وجود السافى يقلل إلى حد كبير التسرب من قاع الترعة ويعطى نتائج غير صحيحة عن نفاذية التبطين.
- يتم إطلاق المياه في حبس الترعة إما بإستخدام مضخات قوية تقوم بسحب المياه من المصدر إلى حبس الترعة أو بإنشاء مجرى صغير خلال السد الأمامي للحبس يتم عن طريقه تنظيم ملء الحبس ويمكن الربط بين الأسلوبين. ويلزم مراعاة أن لا تقل فترة ملء الحبس عن عشرة أيام وأن لا تزيد عن خمسة عشر يوما.
- . تستمر أعمال الملَّء حتى تصل مناسيب المياه إلى ٥٠ سم أوطى من منسوب المسطاح (القدمة العليا للتبطين) في موقع جهاز قياس المناسيب.
- تستمر أعمال قياس ورصد مناسيب الهبوط في منسوب سطح المياه في البيارة لفترة ٣٦٠ ساعة محسوبة من ساعة وصول مناسيب المياه في الحبس المختبر إلى المنسوب الأقصى أو حتى نزول المياه إلى منسوب ماسورة دليل جهاز رصد المياه وبالتالي إستحالة رصد القراءات.

ولحساب التسرب من هذه التجربة تقسم فترة الهبوط إلى فترات كل منها ٢٤ ساعة ومن واقع المناسيب في بداية ونهاية كل فترة يمكن حساب ما يلى :

- عرض سطح المياه في الترعة عند بداية الفترة  $(B_1)$  وعند نهايتها  $(B_2)$  ويؤخذ المتوسط الحسابي لسطح المياه خلال الفترة  $(2 / (B_1 + B_2)) = B$ .
- يحسب المحيط المائى المغمور للحبس فى بداية الفترة ( $P_1 = b + 2 L_1$ ) وفى نهايتها ( $P_2 = b + 2 L_2$ ) ويؤخذ المتوسط الحسابى للمحيط المغمور خلال الفترة ( $P_2 = b + 2 L_2$ ) ويؤخذ ( $P_1 + P_2$ ) الطول الكلى الجانبي المبلل وذلك بالرجوع إلى الشكل ( $P_1 + P_2$ ).
- يُحسَّب حجُم الْمياه الْكلى المُفقود  $(Q_T)$  بالتسرب  $(Q_s)$  وبالبخر  $(Q_e)$  خلال الفترة من المعادلة  $(A_s)$ .

$$Q_T = Q_s + Q_e = BY\ell \dots (1-8)$$

حيث

Y = مقدار الهبوط اليومي في منسوب المياه بالترعة

٤ = طول حبس الترعة المختبر

- يكون حجم المياه المفقود بالتسرب  $Q_s = Q_T - Q_e$  حيث  $Q_s = Q_T - Q_e$  من الحبس ويمكن حسابه من المعادلة ( 1-9).

$$Q_e = BLe$$
 .....(1-9)

حيث e معدل البخر اليومى من الحبس (متر / يوم) يعطى معامل التسرب من وحدة المساحات من تبطين الترعة (لتر / متر مربع / يوم) بالقيمة

 $\frac{Q_s(1000)}{(P)(\ell)}$ 

# مقارنة نتائج الإختبار بالمعايير القياسية

هناك معايير قياسية لمعامل التسرب يتم مقارنة نتائج التجربة بها حتى يمكن التحقق من نجاح عملية التبطين. وتعتبر عملية التبطين ناجحة إذا قلت قيم معامل التسرب من التجربة عن القيم القياسية التالية.

(لتر / متر مربع / يوم)	حالات حساب المعايير القياسية لمعامل التسرب
0 ٣.	أ- المتوسط الحسابي لمعاملات التسرب المحصور ما بين أعلى
	منسوب للمياه بالترعة وأوطى منسوب تشغيلي (أقل الإحتياجات)
٣٠ - ١٠	منسوب للمياه بالترعة وأوطى منسوب تشغيلى (أقل الإحتياجات) ب- المتوسط لمعاملات التسرب الفعلية لفترات كل منها ٢٤ساعة
	منذ رصد المناسيب وحتى المنسوب الأدنى في الإختبار

### ١-١-٤-٢ طريقة قياس التصرف الداخل والخارج

يمكن حساب معامل التسرب بالترع بعد التبطين بطريقة التصرف الداخل والخارج وذلك بقياس التصرفات في الأمام عند بداية الحبس  $(Q_{in})$  وفي الخلف عند نهاية الحبس  $(Q_{out})$  ويمثل الفرق بينهما كمية المياه المفقودة بالتسرب  $(Q_{s})$ .

$$Q_s = Q_{in} - Q_{out} \qquad (1-10)$$

وإذا تم قياس التصرفات بوحدات (متر مكعب / ثانية) فإن قيمة التسرب بوحدات (لتر / متر مربع / يوم) تعطى كالتالى  $\frac{Q_s(1000)(86400)}{(P)(\ell)}$  وتعتمد دقة الطريقة على دقة قياس التصرفات في الأمام والخلف ويلزم أن تجرى التجربة على حبس طويل نسبيا من الترعة وأن يخلو الحبس من مأخذ لترع فرعية.

#### 1-1-3- طريقة جهاز التسرب Seepage Meter Method

جهاز قياس التسرب هو تعديل للجهاز المستخدم في طريقة بنر القياس وتطويره ليكون مناسبا للإستخدام تحت المياه. ويتكون الجهاز من إناء محكم يتصل بقربة مياه مرنة وذلك عن طريق أنبوب بلاستيك. تتدفق المياه من القربة إلى الإناء حيث تتسرب خلال قاعه المفتوح إلى تربة قاع الترعة من مساحة تبلغ ٢٠٠٠ متر مربع. وبحفظ قربة المياه مغمورة فإن الضاغط المائي داخل الإناء يتساوى مع الضغط خارجه.

ولا يعتبر جهاز قياس التسرب وسيلة دقيقة لتحديد كميات فاقد التسرب وتقتصر فائدته في تحديد المواقع التي تتميز بفاقد تسرب عالى نسبيا كما أن إستخدامه يقتصر على قياس فاقد التسرب في الترع الترابية أو المبطنة بالأتربة.

# ١-٢ التبطين والعناصر الهيدروليكية للمجرى

يلزم إختيار قطاعات الترع و فروعها لتكون كافية لحمل التصرفات اللازمة لإحتياجات زماماتها مع مراعاة العناصر الهيدروليكية المؤثرة في تصميم وتحديد أبعاد قطاع الترعة كالنسب النمطية بين عرض القاع و عمق المياه " الميول الجانبية " مسافة الأمان بين أعلى منسوب للمياه بالترعة ومنسوب المسطاح. ومن و اقع الخبرة فإن النسبة بين عرض القاع و عمق المياه في الترع الترابية تتر او ح ما بين 7/1 في حالة الترع الصغيرة و المساقى و تصل هذه النسبة إلى 1/1 في الترع الكبيرة التي تحمل تصرفا قدره 1/1 متر مكعب 1/1 ثانية و تكون هذه النسب أصغر في حالة الترع المبطنة.

# ١-٢-١ معادلات تدفق المياه بالترع

تستخدم معادلة ماننج Manning لتصميم قطاعات الترع الترابية والمبطنة على النحو التالى:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$
 .....(1-11)

2112

السرعة المتوسطة للمياه في قطاع الترعة متر / ثانية V

S = الميل الطولى للترعة (الإنحدار الهيدروليكي لخط الطاقة)

R = نصف القطر الهيدروليكي ويساوى مساحة قطاع الترعة مقسوما على محيطها المغمور

n=معامل ماننج للخشونة للسطح الملامس للمياه المتدفقة في قطاع الترعة ويتفاوت ما بين 0.00 في حالة الترع الترابية إلى 0.00 في حالة الترع المبطنة

وبإعتبار أن التصرف المار في الترعة (Q) يساوى حاصل ضرب القطاع المائي للترعة وسرعة المياه المتدفقة بها فإن:

وبالرجوع إلى الشكل (١-٤) يمكن إستنتاج العلاقات الهندسية التالية:

$$A = bd + Zd^{2} = (b + Zd) d$$

$$P = b + 2d \sqrt{1 + Z^{2}}$$

$$B = b + 2 Zd$$

ويراعى فى حالة الترع الترابية غير المبطنة أن تكون سرعة المياه فى الحدود الأمنة لمنع النحر ولمنع رسوب الطمى العالق بالمياه. ويمكن إستخدام معادلة كيندى Kennedy لتقدير السرعة الحرجة فى حالة المياه الرائقة.

$$V_c = C\sqrt{d} \qquad \dots (1-13)$$

حيث

d = عمق المياه بالقدم

السرعة الحرجة بالقدم / ثانية  $V_c$ 

= معامل يتوقف على نوع التربة كما يلى

= ١٠,٨٤ للتربة الرملية الخفيفة

= ٠,٩٢ للتربة الرملية الحرشة الخفيفة

= ۱,۰۱ للتربة الطفلية الرملية

= ١,٠٩ للتربة الخشنة الصلبة

ويمكن إستخدام الشكل (١-٥) لإيجاد السرعة الحرجة في الترع الترابية غير المبطنة للمياه الرائقة

# ١-٢-١ العلاقة بين عرض القاع وعمق المياه

عند إختيار النسبة بين عرض القاع وعمق المياه  $\frac{b}{d}$ ) فإنه يمكن حساب عمق المياه (d) من المعادلة :

$$d = \sqrt{A/(\frac{b}{d} + Z)} \qquad (1-14)$$

حيث

Z = الميل الجانبي للقطاع

A = مساحة القطاع المائي بالمتر المربع

وتستخدم المعادلات الوضعية التالية في مصر للترع الترابية بمعامل خشونة (n) يساوى  $\cdot,\cdot,\cdot$  لإيجاد العلاقة بين عرض القاع وعمق المياه.

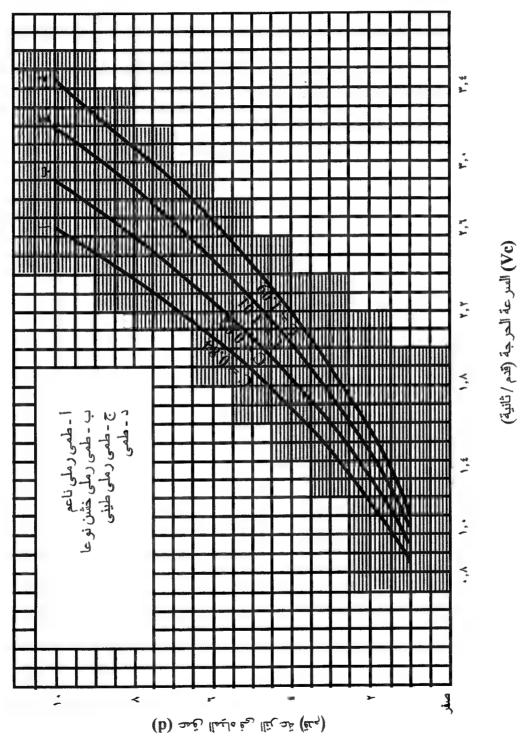
$$d = 0.10 \left( \left( \frac{S}{2} \right) + 4 \right) \sqrt{b}$$
 ....  $\left( 1 - 15b \right)$ 

إذا كان عمق المياه d أكبر من ١,٦٢ متر

#### ١-٢-١ المنحنيات

كثيرا ما يضطر المخططون لشبكات الرى لعمل منحنيات في مسارات الترع والمساقي ويتوقف نصف قطر المنحنى المسموح به على سرعة التيار وقطاع الترعة وخواص التربة. ويوصى بأن لا يقل نصف قطر المنحنى عند محور الترعة عن (٣-٧) مرات عرض سطح المياه بالترعة عند أعلى منسوب في حالة إستخدام تبطين من مواد قابلة للتآكل أو النحر. وتؤخذ النسب الصغيرة للترع الصغيرة والفروع بينما تؤخذ النسب الكبيرة للترع الأكبر. وعلى وجه العموم ينبغي ألا تزيد السرعات المسموح بها في الترع المبطنة عير المبطنة. وتتراوح السرعة في الترع المبطنة بالأتربة ما بين ٣٠٠ - ١٠٢ متر / ثانية.

وفى حالة التبطين بالخرسانة فإن أقل نصف قطر المنحنى يسمح به يكون ٣ مرات عرض سطح المياه بالقطاع عند أعلى منسوب. ورغم أنه يسمح بسرعات أعلى من المسموح به فى حالة القطاع الترابى إلا أنه يلزم أن تكون هذه السرعات أقل من ٢,٤ متر / ثانية لتجنب إحتمالات تحول طاقة الحركة إلى طاقة ضغط عند الشروخ تعمل على دفع وتحريك التبطين.



شكل (١-٥) علاقة عمق المياه بالسرعة المسموح بها في الترع الترابية

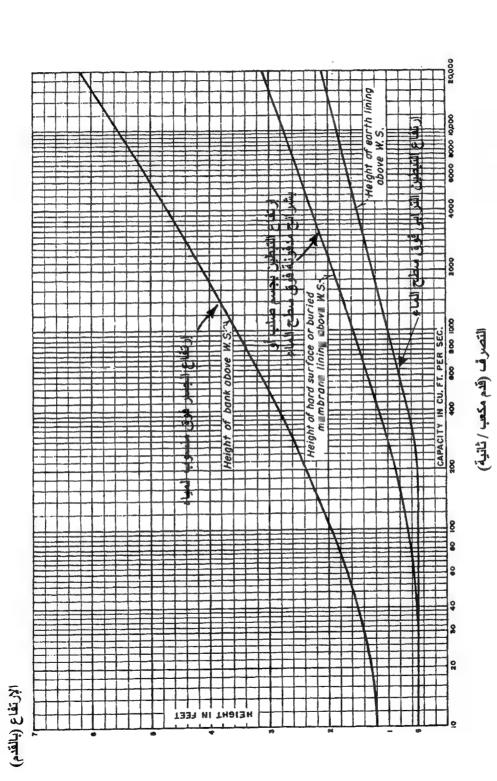
# 1-٢-١ مسافة الأمان بين سطح المياه ومسطاح الترعة Free Board

يؤخذ في الإعتبار عند تصميم قطاعات الترع الإحتفاظ بمسافة بين منسوب أعلى المياه ومنسوب المسطاح أو القدمة العليا للتبطين تعرف بمسافة الأمان وتدخل عوامل متعددة في تحديد هذه المسافة منها مساحة القطاع المائي للترعة «سرعة المياه بالترعة » سرعة الرياح في المنطقة وما ينتج عنها من أمواج، تذبذب منسوب المياه في الترعة ، خواص التربة ودرجة هبوطها « إنحدار خط الرشح وكميات الأتربة المتاحة في حفر قطاع الترعة ومن واقع الخبرات العملية في تصميم وتنفيذ شبكات الترع في بمختلف درجاتها تحت هذه العوامل فإنه أمكن وضع العلاقة بين أقل مسافة للأمان وتصرفات الترع في ديجر امات للإسترشاد. ويوضح الشكل (١-٦) أقل مسافة للأمان بين منسوب أعلى المياه والقدمة العليا للتبطين بالمتر في حالتي التبطين بجسم صلب أو بإستخدام شرائح مدفونة وكذلك أقل مسافة لإرتفاع الجسور عن سطح المياه وذلك كدالة في تصرف الترعة ما بين شرائح مدفونة وكذلك أقل مسافة لإرتفاع الجسور عن سطح المياه وذلك كدالة في تصرف الترعة ما بين

1-٢-٥ معامل ماننج للخشونة (n) المستخدم في الحسابات الهيدروليكية في تصميم الترع المبطنة بإختلاف خواص مواد التبطين المستخدمة.

قیمة (n)	نوع التبطين
	أولا: حالة التبطين بسطح صلب
٠,٠١٤	خرسانة أسمنتية عادية
٠,٠١٧ _ ٠,٠١٦	التبطين بمونة شوت كريت
٠,٠١٤	التبطين بخرسانة أسفلتية
٠,٠١٥	التبطين ببلاطات أسمنتية سابقة التجهيز
٠,٠١٦ _ ٠,٠١٥	التبطين بتربة مخلوطة بالأسمنت
	ثانيا: حالة التبطين بأغشية مدفونة مغطاة بطبقة أتربة مضغوطة
.,.70	الترع الصغيرة والفروع (تصرف أقل من ٢٫٨ م ۗ / ث)
.,.۲۲٥,.۲٠	الترع الكبيرة

وفى حالة الترع المبطنة بالحصى أو الزلط يجب ألا تقل قيمة (n) عن تلك المحسوبة من معادلة ستريكار (Strickler equation) .



شكل (١-٢) أقل إرتفاع للقدمة العليا للتبطين والجسور فوق المتسوب الأعلى للمياء في قطاعات الترع الميطنة

وفى حالة الترع الكبيرة يمكن إستخدام معادلة كولبروك - وايت Colebrock-white لإيجاد السرعة المتوسطة في القطاع المائي.

$$V = [\sqrt{32 \text{ g}} \text{ Log } 14.8 (\frac{\text{R}}{\text{K}})] \sqrt{\text{R S}}$$
 (1-17)

حيث

S = الإنحدار الطولي للترعة

R = نصف القطر الهيدروليكي لقطاع الترعة (قدم)

K = الإرتفاع المكافئ للخشونة (القطر المتوسط لحبيبات التربة) (قدم)

V = السرعة المتوسطة في القطاع (قدم / ثانية)

g = عجلة الجاذبية الأرضية (قدم / ثانية )

وبتطابق السرعة المتوسطة في القطاع المائي من معادلتي ماننج وكولبروك - وايت يمكن كتابة معامل ماننج للخشونة بدلالة نصف القطر الهيدروليكي (بالقدم) والإرتفاع المكافئ للخشونة (K) بالقدم.

$$n = \frac{0.0463 \,\mathrm{R}^{\frac{1}{6}}}{\mathrm{Log} \left[ 14.8 \,(\mathrm{R/K}) \,\right]} \qquad (1-18)$$

وتوضيح المعادلة (١-٨١) زيبادة قيمة معامل الخشونة كلما كبر قطاع الترعة وزاد نصف قطرها الهيدروليكي.

### ١-٣ الأنواع المختلفة لتبطين الترع

تتعدد أنواع تبطين مجارى الرى من حيث نوعية المواد المستخدمة وخواصها والمواصفات الفنية لها وطرق تنفيذها. ومن دراسة مزايا وعيوب أنواع التبطين المتعددة على النحو الموضح في البنود التالية يمكن التوصيل إلى صبعوبة التوصية بتحديد نوع معين يكون صالحا للإستخدام في كل الظروف والأحوال.

# ١-٣-١ التبطين بسطح صلب

يتضمن الأنواع التالية:

- التبطين بالخرسانة الأسمنتية.

التبطين بالخرسانة الأسفلتية.

التبطين بمكدام الأسفلت.

- التبطين بمونة الخرسانة الشوت كريت.

- التبطين ببلاطات خرسانية سابقة الصب.

# ١-٣-١ التبطين الغشائي بأسطح مكشوفة

يتضمن الأنواع التالية:

- التبطين بغشاء أسفلتي سابق التجهيز.

- التبطين بأغشية بالستيكية.

- التبطين بألواح المطاط الصناعي.

# ١-٣-٣ التبطين بأغشية مدفونة

يتضمن الأنواع التالية :

- التبطين بغشاء أسفلتي مدفون.
- التبطين بألواح أسفلتية سابقة التجهيز مدفونة.
  - التبطين بغشاء البنتونيت.
- التبطين بغشاء البلاستيك والمطاط الصناعي.

# ١-٣-٤ التبطين الترابي (تربة منقولة قليلة النفاذية)

# ١-٣-٥ التبطين لمقاومة التآكل وإنهيارات جسور المجارى المائية

يتضمن الأنواع التالية:

- التبطين بالنسيج الصناعي.
- التبطين بأحجار الريب راب.
  - التبطين بالجابيونات.
  - التبطين بتدبيش الأحجار.

### ١-٤ التبطين بسطح صلب مكشوف

تتعدد المواد التى تستخدم فى عمليات تبطين مجارى الرى بسطح صلب مكشوف ، فمنها الخرسانة الأسمنتية والخرسانة شوتكريت ، وبلاطات خرسانية سابقة الصبب. وبتعدد هذه المواد وإختلاف خواصها ومواصفاتها تختلف طرق تنفيذها وصيانتها وحمايتها.

# ١-٤-١ التبطين بالخرسانة الأسمنتية

أظهرت التجارب والممارسات أن تبطين مجارى الترع بالخرسانة الأسمنتية سواء العادية أو المسلحة تعطى تبطينا أمثل ذو درجة عالية من الكفاءة من حيث عدم نفاذية المياه ، منع نمو الأعشاب ، مقاومة فعل الحشرات القارضة ، بالإضافة إلى الصلابة وعمرها الإفتراضي فإنها تعطى المجرى كفاءة هيدروليكية عالية. وتتميز عمليات التبطين بالخرسانة الأسمنتية عن غيرها من أنواع التبطين الأخرى بتحقيق كل هذه المميزات والخواص.

ولضمان تحقيق هذه المزايا فمن الضرورى الإلتزام بالمواصفات والإشتراطات الفنية لمواد تكوين الخرسانات بدءا من الركام (الزلط - الرمل) والأسمنت وحديد التسليح . إن طلب ومراعاة الدقة فى عمليات خلط ونقل وتشكيل الخرسانة على قطاع المجرى ومعالجة أسطح الخرسانة بإستخدام مواد المعالجة المتطورة حتى تعطى خرسانة عالية الكفاءة غير منفذة للمياه تحتاج إلى القدر النمطى لأعمال الصيانة وتعطى للترعة قطاعا مناسبا لحمل مياه على سرعات عالية.

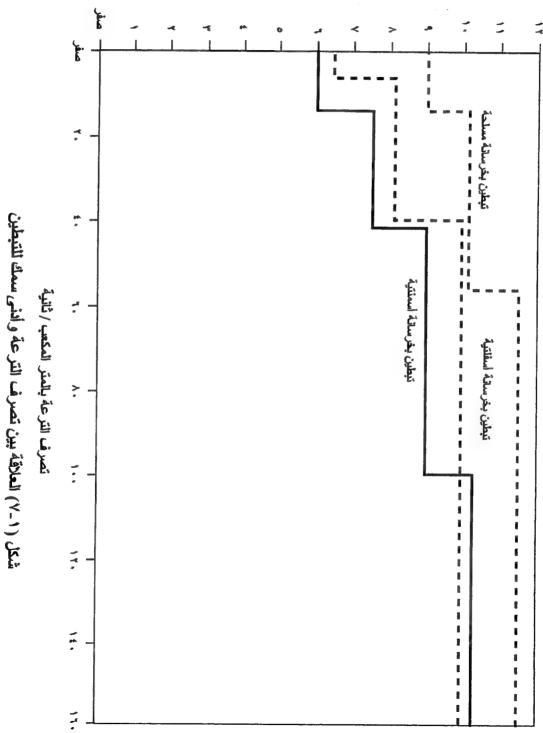
#### ١-١-١ سمك التبطين

يتناسب سمك التبطين بالخرسانة الأسمنتية تناسبا طرديا مع مساحة قطاع الترعة الذى يتم إختياره وفقا للقواعد الهيدروليكية الوارد ذكرها بهذا الباب (البند ٢-٢ وأجزاؤه) ليكون كافيا لحمل التصرفات اللازمة لإحتياجات زمام الترعة.

ومن المتبع فى مصر أن يتراوح سمك التبطين بالخرسانة الأسمنتية ما بين ١٠، ٢٠ سم وفقا لقطاع النرعة وذلك فى حالة القطاع المجرى بشكل شبه منحرف أما فى حالة القطاع المستطيل فيزاد السمك عن ذلك بقدر مناسب مع عمق القطاع. ويوضح الشكل (١-٧) العلاقة بين التصرفات المارة بقطاع الترعة والحد الأدنى المقبول لسمك التبطين.



سمك التبطين بالسنتيمتر



### ١-٤-١- إشتراطات التربة الحاملة للتبطين

من الإشتراطات الأساسية والهامة لضمان نجاح تبطين مجارى الرى بأسطح صلبة (Hard surface lining) ومنها الخرسانة الأسمنتية أن تكون التربة الحاملة للتبطين صلبة مستقرة لتعمل قدر الإمكان على تقليل إحتمالات حدوث شروخ وخطر إنهيار التبطين نتيجة هبوط التربة الحاملة له. علما بأن التربة الطبيعية الثابتة غير المقلقلة (Undisturbed) مناسبة كأساس للتبطين بالخرسانة الأسمنتية بدون الحاجة إلى معالجة مسبقة.

والتربة الطبيعية بالموقع إذا كانت ذات كثافة منخفضة فإنه يلزم دكها بالمعدات ، أو إز التها وحفرها وعمل إحلال بتربة مناسبة بدلا منها وتكوين نواة مضغوطة (Compacted core) من تربة صالحة ، وأيضا يتبع ذلك في حالة ما إذا كانت التربة في مسار الترعة طفلية أو من الطين المنتفخ (باجة).

# النواة المضغوطة Compacted Core

على وجه العموم فإنه يتم عمل النواة المضغوطة الحاملة للتبطين في الأحوال الآتية:

- أ- إذا كانت الأرض الطبيعية في مسار الترعة أوطى من مناسيب المياه التصميمية للترعة والذي يستازم على ضوئه تكوين قطاع التربة من تربة منقولة صالحة.
- ب- إذا كانت الأرض الطبيعية في مسار الترعة ضارة بالتبطين الخرساني من حيث طبيعتها كالطين المنتفخ (الباجة) أو لاحتواء التربة على أي مواد ضارة بالتبطين.

ويتم تنفيذ النواة الحاملة وفقا لما ورد بالكود المصرى للطرق (هيئة الطرق والكبارى المصرية) والكود المصرى للطرق (هيئة الطرق والكبارى المصرية) والكود المصرى للتربة والأساسات (وزارة التعمير والمجتمعات العمرانية والاسكان والمرافق) وذلك من تربة منقولة صالحة مع الفرش والرش بالمياه والدمك على طبقات لا تتعدى ٢٠,٠ متر بإستخدام مجموعة المعدات المتخصصة لهذه الأعمال للوصول للكثافة ودرجة الدمك المقررة ، والمعدات التخصصية لهذه الأعمال هي :

الموتور سكريبر لقطع ونقل التربة أو السيارات القلاب والموتور جريدرات لفرش التربة ثم مجموعة الدمك من الهراسات الهزازة وسيارات المياه بتنكات المزودة بالرشاشات.

ومن المواصفات والإشتر اطات الفنية للنواة المضغوطة الحاملة للتبطين:

- ١- أن يكون المصدر الرئيسى لتكوين النواة قدر الإمكان من ناتج حفر المجرى المائى للترعة نفسها، وأن يتم نقل المواد اللازمة والمناسبة لتكوين النواة وإنشاء المجرى المائى من القطاعات التى تزيد فيها مكعبات الحفر عن إحتياجات الجسور والمساطيح، كما يمكن الحصول على الأتربة من خارج القطاع من متارب إذا اقتضى الأمر بعد التأكد من أن تربتها مطابقة لمواصفات التربة المقرر استخدامها في تكوين النواة.
- ٢- يلزم حرث التربة العليا قبل تكوين النواة ، ويتم ذلك بالمحاريث المتوسطة العمق بحيث يتم تقليب النتربة بعمق ٣٠ سم على الأقل كما يلزم إزالة الحشائش والأشجار والجذور والأملاح وبعد إتمام نظافة التربة يتم معاملة طبقة الأساس (Subgrade) من ناحية الرش بالمياه و الدمك بالمعدات وفقا لنوعية التربة.

- ٣- يراعى فى القطاع التنفيذى للنواة المضغوطة أن يكون العرض من أعلى هو عرض مسطاح الترعة مضافا إليه ٣٥ سم أفقيا من ناحية محور الترعة.
- والميل الخارجي للنواة 7/7 ويمتد تحت الجسور من منسوب المسطاح التصميمي حتى يلتقى بمنسوب الأرض الطبيعية المحروثة والمدكوكة والميل الداخلي من ناحية محور المجرى هو ميل التبطين 1/1 أو 1/1 حسب تصميم قطاع الترعة وكما هو مبين في الشكل 1/1.
- وإذا كان منسوب القاع التصميمي للترعة أعلى من منسوب الأرض الطبيعية فإن تنفيذ الأعمال الترابية بين أسفل التبطين ومنسوب الأرض الطبيعية المحروثة والمدكوكة يكون كما هو موضح في الشكل (١-٨-ب).
- ٤- ونظر ا لأهمية النواة فإنه يلزم إعطاء العناية الكاملة لإختيار التربة الصالحة للإنشاء ويتم تقدير صلاحية التربة للإستعمال في النواة بالإختبارات التالية :
  - التحليل الميكانيكي.
  - توزيع مقاس الحبيبات بإستخدام الهيدروميتر.
  - حد السيولة وحد اللدونة للحبيبات التي تمر من المهزة رقم ٤.

ويجب أن تبين نتائج الإختبارت وقوع التربة داخل الحدود النمطية المقبولة وذلك على النحو التالى:

- الوزن النوعي الحبيبات لا يقل عن ٢,٥٠.
- الوزن النوعي الجاف لا يقل عن ١١٠٠ كجم/متر مكعب.
  - النسبة الكلية للأملاح الذائبة لا تزيد عن ٢ %.
- . النسبة الكلية للجير (كربونات الكالسيوم) لا تزيد عن ٤٠ %.
- النسبة الكلية لمحتوى الجبس (كبريتات الكالسيوم) معبرا عنه كنسبة مئوية من وزن العينة الجافة لا تزيد عن ٥ %.

ويلاحظ أن كافة هذه الإختبارات لا تحتاج إلى عينة غير مقلقلة وفي بعض الأحيان قد يتطلب الأمر عمل الإختبارات التالية التي تتطلب عينات غير مقلقلة:

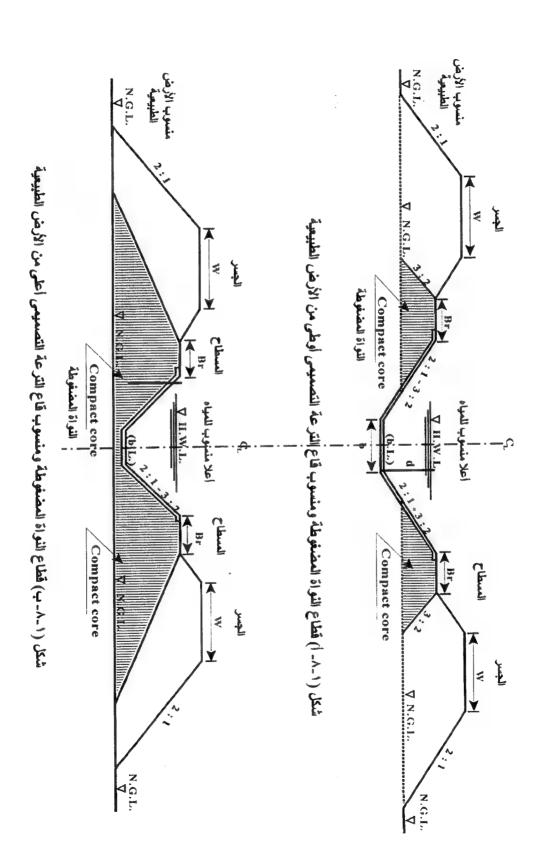
- إختبار القص المباشر.
- إختبار القص الثلاثي.
- إختبار التمدد بعد الإنضغاط.
- ٥- يلزم إجراء الإختبارات التالية أثناء وبعد التنفيذ للتأكد من إنشاء النواة وفقا للمواصفات والإشتراطات الفنية المطلوبة:
- إختبارات التأكد من دمك الطبقات وتعمل بطريقة الإحلال الرملي إذا كانت تربة النواة ذات حبيبات كبيرة أو بطريقة النواة القاطعة إذا كانت من النوع دقيق الحبيبات.
  - تجارب التحقق من ثابت الأعمال وهي تجربة القص وتجربة قياس النفاذية.
- ٦- هناك معايير قياسية يلزم أن تسجلها نتائج هذه التجارب لتحديد قبول النواة و التأكد من تنفيذها وفقا
   للمواصفات و الإشتر اطات الفنية القياسية وهذه المعايير موضحة فيما يلى :

# أ- في حالة التربة من النوع كبير الحبيبات

أدنى كثافة نسبية مطلوبة	أقصى كثافة نسبية مطلوبة	نسبة المحتجز على المهزة رقم اللعينة الجافة
% Y •	% 10	من صفر إلى ٢٥ %
% 70	% A.	من ۲٦ % إلى ١٠٠ %

# ب- في حالة التربة دقيقة الحبيبات

أدنى كثافة نسبية مطنوبة	أقصى كثافة نسبية مطلوبة	نسبة المحتجز على المهزة رقم اللعينة الجافة
% 90	% 91	من صفر إلى ٢٥ %
% 97,0	% 90	من ۲۲ % إلى ٥٠ %
% 9.	% 97	من ٥١ % إلى ٧٠ %



### أسطح التربة الحاملة للتبطين

يلزم مراعاة أن يكون سطح التربة الحاملة للتبطين من ناحية محور المجرى بميول منتظمة تمثل ميول الأورنيك التصميمي للترعة والتبطين وأن السطح مستوى أملس تماما خالى من التعرجات والنتوءات وذلك في جميع حالات تشكيل قطاع الترعة سواء كان بالحفر في تربة طبيعية أو بتكوين نواة مضغوطة أو الحفر في تربة صلبة صخرية.

ففى حالة حفر قطاع المجرى فى التربة الطبيعية يراعى ترك ٣٠ سم بطول القطاع المائى حتى منسوب المسطاح التصميمى عند تتفيذ تشغيل القطاع يتم أرنكتها بمعدات الأرنكة الميكانيكية وهى شاملة سمك التبطين الخرسانى وذلك حتى تعطى قطاعا داخليا للمجرى يتمشى مع المطلوب.

وأيضا فى حالة تكوين قطاع المجرى بإنشاء نواة مضغوطة فإنه يتم أرنكة الطبيعة بسمك ٣٠ سم بالزيادة عن عرض النواة أفقيا فى إتجاه محور المجرى والمنصوص عنها فى البند المشار إليه وذلك بمعدات الأرنكة الميكانيكية.

أما فى حالة حفر قطاع الترعة فى تربة صلبة أو صخرية بإستخدام الريبر أو التفجير فإنه يتعذر الحصول على أورنيك لقطاع الترعة منتظم السطح أملس خالى من الفجوات والنتوءات وبميل منتظم حسب التصميم ويمكن معالجة ذلك بإستخدام مونة الأسمنت والرمل لملء الفجوات بين أسطح الصخر وإعطائهما السمك المناسب لتعطى فى النهاية أورنيك لقطاع الترعة أملس تماما وبميول حسب التصميم قبل طبقة التبطين الخرساني.

### ١-٤-١ مواصفات خرسانات التبطين

الخرسانات المستخدمة في أعمال تبطين الترع والمجارى المائية هي من خرسانات المنشآت الهيدروليكية وهي خرسانة من الدرجة الأولى على أن تكون مطابقة للمواصفات القياسية المصرية الواردة بالكود المصرى لخرسانة المنشآت المائية (الصادر من وزارة الأشغال والموارد المائية) وأيضا الواردة بالكود المصرى للخرسانة (الصادر من وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق).

وتشترط مواصفات خرسانات التبطين ضرورة مراعاة إختبار المواد الجيدة المكونة لخلطة الخرسانة (الركام - الرمل - الأسمنت - حديد التسليح - المياه - مواد الإضافة) وخلطها بنسب صحيحة دقيقة باستخدام خلاطات ميكانيكية أو محطات خلط الخرسانة المركزية في العمليات الكبيرة ، وذلك لضمان أن يعطى منتج الخرسانة الخواص القياسية المطلوبة والتي تتضمنها هذه المواصفات وذلك من حيث : القابلية للتشغيل والإنتظامية والمقاومة والتحمل مع الزمن وعدم نفاذية المياه والقوام والوزن. ويراعي في تحديد نسب الخرسانة ومكوناتها الأسس العامة التالية :

- هبوط الخرسانة Slump يكون في الحدود من (٢-٢) بوصة.
- الحد الأدنى للأسمنت المستخدم أيا كان نوعه هو ٣٠٠ كجم / متر مكعب.
  - أدنى إجهاد كسر للخرسانة العادية بعد ٢٨ يوم هو ٢٢٠ كجم/سم<sup>٢</sup>.
    - نسبة المياه للأسمنت تتراوح بين ٥,٠ إلى ٢,٠ بالوزن.

### أ- مواصفات الركام الكبير (الزلط)

- ١- يجب إلا يزيد قطر الركام الكبير المستخدم في خرسانات تبطين الترع عن ٤٠ مم.
- ٢- يلزم أن يكون الركام من النوع السيليسي التكوين الخالي من الكتل المتماسكة والمواد العضوية والمواد الضارة مثل الأملاح والطفل والأصداف والمواد القلوية وأن يكون متدرج الحجم.

- ٣- يجب أن لا تقل الكثافة النسبية للركام عن ٢,٦ .
- ٤- يجب أن تتراوح نسبة امتصاص المياه بين ١ % ، ٢ % بعد غمر ٢٤ ساعة.
- يجب ألا تزيد نسبة الشوائب كالطمى (Silt) والطين (Clay) والتى تمر من مهزة ٢٠٠ ( ٢٠٠ مم) عن ٢ % من إجمالي وزن العينة الجافة.
- ٣- يشترط ثبات الركام تجاه العوامل الكيميائية لتفاعلات الأسمنت وألا تزيد نسبة الفاقد في الوزن عن
   ١٠ % بعد إجراء تجربة كبريتات المحموديوم للأجزاء التي تمر من المهزة رقم ٣.
- ٧- يجب ألا يزيد التآكل في تجربة لُوس أنجلوس عن ١٠٠ % من الوزن الأصلي بعد ١٠٠ دورة أو ٠٤ % بعد ٥٠٠ دورة.
- ٨- يفضل عدم وجود حبيبات مستطيلة من الركام حتى لا تزيد من استهلاك الأسمنت والرمل والمياه
   وتتسبب في خشونة سطح الخرسانة وصعوبة خدمته.
- 9- تخضع جميع مراحل إعداد الركام (الزلط) سواء إستخراج من المحاجر وهز وفصل وخلط وتدرج وغسيل وتشوين وتوصيل للخلاطات إلى قواعد تضمن حسن الأداء خلال هذه المراحل مع مراعاة أن يكون موقع العمل مستعدا إستعدادا كاملا بكافة ما يلزم من معدات لتجهيز الزلط كالمهزات والصرندات الآلية ومعدات النقل وخلط الركام بالنسب الأصولية المقررة في تصميم خلطة الخرسانة للحصول على منتج خرسانة مطابق للمواصفات والإشتراطات الفنية القياسية.

#### ب- مواصفات الرمل

- 1- يراعى أن يكون الرمل من النوع الصحراوى النظيف الحرش الخالى من الشوائب الزائدة والمواد العضوية.
  - ١- ألا تزيد نسبة الشوائب المقبولة والتي تمر من مهزة رقم (٢٠٠) عن ٧ %.
- ٣- غير مسموح بإستخدام المواد الناعمة الناتجة عن الكسارات كرمل في أعمال الخرسانات لإحتوائها على نسبة عالية من الجير فضلا عن إستهلاكها الكبير للأسمنت.
  - ٤- موضح فيما يلى التدرج الحبيبي القياسي للرمل:

الجافة		المقاس (ملليمتر)	رقم المنخل
إلى	من		
% 0	صفر	۲,٧٦	٤
% 10	% 0	۲,۳۸	٨
% 40	% ).	1,19	) 7
% * .	% ) •	٠,٥٩	٣.
% 40	% 10	٠,٢٩٧	0.
% Y ·	% 17	٠,١٤٩	١
% Y	% ٣	٠,٠٧٤	۲.,

ويراعى أن لا تقل نسبة المار من المنخل رقم ٥٠ عن ١٥ % لضمان الحصول على سطح أملس و لإعتبار ات خاصة بإمكانية خدمة السطح.

### ج- الأسمنت

يخضع الأسمنت المستخدم فى خرسانات تبطين الترع ومجارى الرى المواصفات القياسية المصرية الواردة بالكود المصرى لخرسانة المنشآت الهيدروليكية (الصادر من وزارة الأشغال والموارد المائية) وأيضا الواردة بالكود المصرى للخرسانة (الصادر من وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق).

ومن المتبع إستخدام الأسمنت البورتلاندى العادى فى الظروف العادية للتربة والمياه أما فى حالة المنشآت القريبة من شواطئ البحار أو التربة التى بها أملاح كبريتات أو كلوريدات فيستخدم أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات أو أسمنت مقاوم للكلوريدات حتى لا تؤثر هذه الأملاح على مقاومة الخرسانة للإجهادات.

#### د- المياه

يلزم أن يكون الماء المستعمل فى خلطة الخرسانة نظيفا وخاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية والمواد الأخرى التى قد تؤثر تأثيرا مثلفا على الخرسانة أو حديد التسليح. وفى حالة ما إذا كانت المياه من آبار فإنه يلزم عمل الإختبارات اللازمة لمقارنة الشك للأسمنت ومقارنة الضغط والتحمل للخرسانات.

ويلزم الإهتمام بتحديد نسبة خلط المياه للأسمنت علما بأن كمية المياه اللازمة لإتمام التفاعلات الكيميائية تتراوح ما بين ٠,٣٠ إلى ٠,٥٠ من وزن الأسمنت.

### هـ حديد التسليح

يخضع حديد التسليح المستخدم فى خرسانات تبطين الترع للمواصفات القياسية الواردة بالكود المصرى لخرسانة المنشآت الهيدروليكية (الصادر من وزارة الأشغال والموارد المائية) وأيضا الواردة بالكود المصرى (الصادر من وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق).

### و- الإضافات ومواد المعالجة

تخضع مواد الإضافة والمعالجة لخرسانات التبطين للمواصفات القياسية المصرية الواردة بالكود المصرى لخرسانة المنشآت الهيدروليكية (الصادر من وزارة الأشغال والموارد المائية) وأيضا الواردة بالكود المصرى (الصادر من وزارة التعمير والمجتمعات الجديدة والإسكان والمرافق).

وقد تضمنت هذه الكودات المواصفات الفنية لمواد الإضافة ومكوناتها وأثرها في خلطات الخرسانة. وتصنف هذه الإضافات حسب الغرض منها إلى: إضافات تحسين قابلية التشغيل الإضافات الهواء المحبوس الضافات تعجيل الشك ، إضافات إبطاء الشك.

أما مواد معالجة الخرسانة فهى محاليل كيميائية يتم رشها على أسطح الخرسانة بعد الصب وتسوية الأسطح مباشرة لسد المسام والمحافظة على الرطوبة اللازمة للتفاعل الكامل للأسمنت حيث تعمل الطبقة المتكونة من رش المحلول على أسطح الخرسانة على منع التبخر السريع للرطوبة السطحية تفاديا لحدوث شروخ أو تشققات شعرية في أسطح الخرسانة.

### ١-٤-١-٤ خلط وتجهيز الخرسانة

يلزم عمل تجارب تصميمية لخلطة الخرسانة لتجديد النسب النمطية وكميات المواد المكونة للخلطة الخرسانة ويفضل أن تكون نسب عناصر الخلطة بالوزن وأن تختار هذه النسب لضمان إعطاء الخرسانة الخواص الآتية:

- أن تكون الخرسانة ذات قوام لدن يضمن أقل هبوط ممكن للخرسانة عند صبها وبما لا يتعدى ٢-٣ بوصة لخرسانة التبطين حتى يمكن فرشها على قطاع المجرى وضغطها بكفاءة عالية بالهزازات لتعطى خرسانة متجانسة.
  - أن تكون للخرسانة القدرة على مقاومة التأثيرات الجوية والبيئية المختلفة.
    - أن تكون الخرسانة ذات قوة كافية لمقاومة الأحمال التي تتعرض لها.

### أ- تقدير إحتياجات الخلطة من المياه

يفضل تكوين الخلطة الخرسانية بأقل كمية من المياه وتتأثر كمية المياه اللازمة لوحدة الحجوم من الخرسانة لإعطاء منتج الخرسانة القوام المطلوب بالحد الأقصى لحجم الحبيبات وشكلها وتدرجها وكمية الهواء المحبوس. ويعطى الجدول (١-١) تقديرا أوليا لكمية المياه اللازمة للخلطة (كجم /متر ً) وذلك للأحجام القصوى من الركام ذي الأشكال والتدرجات المنتظمة.

جدول (١-١) نسب الهواء المحبوس والمياه والرمال اللازمة للمتر المكعب من الخرسانة وتأثير المدام المجاه المحاليل تقليل نسب المياه بالخلطة

لخلطة كجم / م م خرسانة هواء محبوس مع استخدام لا WRA	كمية المياه با خرسانة هواء محبوس	نسبة وزن الركام للمتر المكعب خرسانة %	نسبة الرمل لإجمالى حجم الركام للمتر المكعب خرسانة	نسبة الهواء المحبوس المطلوب %	أقصى حجم لقطر الركام الكبير (الزلط) بوصة
١٨٠	19.	٤١	٦.	٨	<u>//</u> ~
١٧.	١٨٠	٥٢	٥,	٧	// <sub>Y</sub>
17.	170	٦٢	٤٢	٦	<u>"</u> *
10.	17.	٦٧	٣٧	0	// \
12.	150	٧٣	٣٤	٤,٥	//1,0
١٣٠	12.	٧٦	٣٠	٤	//٢
110	17.	۸١	۲۸	٣,٥	//٣

<sup>\*</sup> ويراعى أنه عند إستخدام محلول تقليل المياه (WRA = Water Reducing Admixtures) تزاد نسبة الرمل ما بين (١-٢) % لتعويض تقليل حجم المونة بالخلطة نتيجة تقليل المياه.

# ب- تقدير إحتياجات الخلطة من الأسمنت

تقاس جودة منتج الخرسانة بقدرتها على التشغيل والقوة والمتانة وتتناسب جودة الخرسانة مع كمية الأسمنت الداخلة في الخلطة بشرط التدقيق في تحديد كمية المياه المناسبة لإعطاء القوام المطلوب. ويمكن الإستعانة بالجدول (١-٢) في تحديد القيم النمطية للنسبة بين المياه والأسمنت بالوزن في خرسانات النبطين.

جدول (۱-۲) نسبة المياه للأسمنت بالوزن (W/C) في خرسانات تبطين مجارى الري

نسبة المياه للأسمنت بالوزن (W/C)		ظروف وحالة التبطين
جو معتدل	جِو قاس	طروف وحاله التبطين
·,· ٢ ± ·, ٥٨	۰,۰۲± ۰,۰۳	- خرسانات تبطين في ظروف عادية
		- خرسانات تبطين تتعرض للكبريتات
·,· ۲ ± ·, 0 ·	·,·Y ± ·,٤0	والقلويات في التربة والمياه الأرضية

وتدخل أقصى قيمة مسموح بها لنسبة المياه للأسمنت بالوزن W/C في تحديد أقل كمية أسمنت لازمة لخلطة الخرسانة وبالتالي لها تأثير مباشر في قوة الخرسانة المنتجة. ويوضح الجدول (٣-١) قوة الخرسانة المنتجة لخرسانة ذات هواء محبوس في حالتي إستخدام محلول تقليل المياه WRA وعدم إستخدامه لنسب مختلفة من المياه و الأسمنت.

جدول (١-٣) أدنى متوسط قوة ضغط (كجم / سم ) محتمل حدوثها لخرسانات ذات نسب مياه / أسمنت مختلفة

قوة تحمل الخرسانة للضغط كجم /سم	
خرسانة ذات هواء خرسانة ذات هواء محبوس	
محبوس	
٤ ٠ ٠	٠,٤٠
٣٤.	٠,٤٥
٣	.,0.
70.	•,00
۲۲.	٠,٦٠
1.4.	٠,٦٥
10.	•,٧•
	خرسانة ذات هواء محبوس ٠٠٠ ٣٤٠ ٢٥٠ ٢٥٠

# ج- تقديرات الركام (الزلط والرمل بالخلطة)

للوصول لتقدير أولى لتحديد أفضل النسب المكونة للركام (الرمل والزلط) في خلطة الخرسانة يمكن الإعتماد على النتائج المتضمنة في الجدول (١-١). ويعطى الجدول (١-٤) أكبر مقاس لركام الزلط الذي يستخدم في خرسانات التبطين وفقا لسمك بلاطات التبطين وأيضا المسافات بين أسياخ حديد التسليح في حالة التبطين بخرسانة مسلحة.

# جدول (١-١) أكبر حجم لركام الزلط المستخدم في خرسانات التبطين

أكبر حجم لركام الزلط بالبوصة		
خرسانة مسلحة تسليح	خرسانة عادية أو مسلحة	سمك بلاطة التبطين
ثقيل	تسليح خفيف	
//1,0_ //.,Yo	//1,0_ //.,٧0	سمك ١٠ سم و أقل
″1,0	"r _ "1,0	سمك أكثر من ١٠ سم وحتى ٣٠ سم

### ويتم خلط الخرسانة بإحدى الطرق التالية:

الخلط المركزى بإستخدام الخلاطات المركزية الثابتة المعروفة بمحطات خلط الخرسانة ويراعى إختيار موضعها في موقع متوسط المشروع لتقليل زمن نقل خلطات الخرسانة وتعمل هذه المحطات بنظام الوزن ويلحق بها خزانات (Silos) لكل من الأسمنت والزلط والرمل وجهاز إضافة المياه ومقطر (Dispenser) وهو خاص بمواد الإضافة وجهاز قياس الأوزان للمواد الداخلة للخلاطة.

وهناك نوعان لمحطات الخلط المركزية النوع الأول ينتج خرسانة مبتلة وهى التى تضاف فيها المياه ومواد الإضافة عند إتمام عملية الخلط بالخلاطة ، والنوع الثانى يعطى خرسانة جافة وفى هذه المحطات لا يلحق بالخلاطة جهاز إضافة المياه ومقطر مواد الإضافة إلا أنهما يضافان إلى سيارات نقل وخلط الخرسانة حيث تتم عملية الخلط أثناء عملية النقل وبمعدلات ترتبط بمسافة النقل وعدد دورات حلة السيارة.

الخلط الميكانيكى الموضعى وذلك بإستخدام الخلاطات المتنقلة ذات السعات المختلفة (٠٠١ - ١٩٠٩ متر مكعب) والتي يمكن إمالتها والمفتوحة من أعلى وتزود الحلة بأسلحة دوارة أو ثابتة وعلى وجه العموم فإنه يسمح بإستخدام هذا النوع من الخلط في العمليات الصغيرة.

### ١-٤-١-٥ نقل الخرسانة لمواقع العمل

تستخدم المعدات الميكانيكية في نقل الخرسانات من مواقع الخلاطات إلى مواقع الصب للتبطين. وهناك وسائل متعددة لنقل الخرسانة لمواقع الإستخدام إلا أن أنسبها وأنجحها لعمليات تبطين مجارى الرى الطرق الآتية:

# سيارات نقل وخلط الخرسانة Truck Mixer

تستخدم فى حالة أن تكون الخرسانة مبتلة وأيضا فى حالة أن تعطى الخلاطات خرسانة جافة ويلزم فى هذه الحالة أن يلحق بسيارة نقل وخلط الخرسانة خزان وطلمبة مياه وأيضا مقطر لتزويد الخلاطة بمواد الإضافة بالنسب المقررة لتتم عملية خلط الخرسانة أثناء عملية النقل.

# طلمبات ضخ الخرسانة Concrete Pumps

تستخدم في حالة الخرسانة المبتلة وتتميز المعدة بإمكانية ضخ الخرسانة في خط التغذية لنقط الصب والتي تصل إلى حوالي ٥٠٠ متر في الإتجاه الأفقى ، ١٢٠ متر في الإتجاه الرأسي.

ولهذا يفضل إستخدامها فى حالة ضخ الخرسانة لتبطين مجارى الرى التى تبتعد فيها الجسور الصالحة لمرور السيارات ووسائل النقل ومعدات التنفيذ عن قطاع المجرى المطلوب تبطينه حيث أن استخدام طلمبة الخرسانة وأيضا يفضل استخدام طلمبة الخرسانة فى حالة ضخ الخرسانة لتبطين قاع المجرى فى حالة المجارى ذات القطاعات الكبيرة.

ويتم ضخ الخرسانة المخلوطة الجاهزة للصب من الطلمبة في خط الطرد الذي يتكون من ماسورة من الصلب بطول  $\circ$  -  $\wedge$  متر لها وصلات من خرطوم مسلح مرن تركب بالأطوال حسب المسافة المطلوبة ويختلف القطر الداخلي لخط الطرد حيث يكون  $\wedge$  عند الماسورة الآخذة من الطلمبة إلى أن يصل  $\wedge$  في الوصلات. وقد روعي في تحديد أقطار خط ضخ الخرسانة أن يبدأ بالقطر الأكبر عند بداية ضخ الطلمبة في الخط ليسمح بتدفق الكميات المناسبة من الخرسانة إلى القطر الأصغر عند نهاية خط التغذية وذلك السهولة تدفق ومناولة الخرسانة ، وفي طلمبات ضخ الخرسانة الحديثة الكبيرة يصل القطر عند بيستون الطلمبة إلى  $\wedge$  1  $\wedge$  1 أن البينا الوصلة النهائية تصل إلى  $\wedge$  2 فقط. ويتحكم أكبر حجم لركام الزلط المستخدم في خلطة الخرسانة في تحديد أقل قطر له وعلى وجه العموم فإن أكبر قطر لركام الزلط يلزم أن المستخدم في خلطة الخرسانة في تحديد أقل قطر له وعلى وجه العموم فإن أكبر قطر لركام الزلط يلزم أن

#### ١-٤-١ صب خرسانات التبطين

التبطين الأمثل بالخرسانة للترع وفروعها يلزم أن يتم بخرسانة منتظمة القطاع منضغطة وهذا يأتى بحسن إختيار طرق الإنشاء وإختيار أنسبها لظروف المشروع ويمكن تبطين الترع وفروعها بطرق التشغيل اليدوية ومع تقدم طرق الأداء أمكن تصميم وتصنيع معدات ميكانيكية لتبطين الترع وفروعها بالخرسانة بدءا من عملية الأرنكة وصب الخرسانات وقطع وملء الفواصل ورش مواد المعالجة وهو ما يعرف بالتشغيل الميكانيكي.

# التشغيل الميكانيكي

تتم عملية التبطين بإستخدام مجموعة من الوحدات الميكانيكية متعددة الأغراض متكاملة المراحل وهي :

- آلة الأرنكة Trimming machine
- آلة صب الخرسانة Concrete paver slip form
- ألة ملء الفواصل ورش مواد المعالجة Jointing curing jumbo .
  - آلة السقالة الميكانيكية Workman's jumbo -

وهذه المجموعة من الآلات يتم تصميمها وتصنيعها بما يتناسب مع عناصر محددة للمشروع أهمها حجم قطاع المجرى المائى المراد تبطينه وعرض القاع وعمق المجرى وطول الميل الجانبي ولهذه المجموعة من المعدات نوعان:

- الأول معدات تشغيل نصف القطاع Half section machinery
  - الثاني معدات تشغيل كامل القطاع Full section machinery

# أولا: آلات تشغيل نصف القطاع

تتميز مجموعة تشغيل نصف القطاع بإمكانية تنفيذ التبطين للترع ذات القطاعات الكبيرة (الرياحات - الترع العمومية - الترع الرئيسية - ......) حيث تعمل هذه المجموعة على الميول الجانبية لقطاع

الترعة مع جزء من القاع في حدود ١,٥ - ٢,٠ متر. ثم تقوم بنفس العمل في الاتجاه الأخر من القطاع. وفي الوضع الثالث تقوم بالتنفيذ للجزء المتبقى من القاع وذلك بعد أن يتم تغيير هيكل الآلات على الوضع الأفقى كما هو موضح بالشكل (١-٩).

وتعرف هذه المجموعة بأنها متعددة الاستخدامات كما تتميز بإمكانية تشغيلها على الميول الجانبية المختلفة (٢/٣ - ١/٢ - ١/١) عن طريق مفصلة وقد روعى في تصميم وتصنيع هذه الآلات وجود أجزاء هيكلية إضافية تركب في حالة الحاجة عند زيادة طول الميول الجانبية أو عرض القاع. وتتكون هذه المجموعة من وحدات مختلفة متكاملة لأداء عملية التبطين بمراحلها بدءا من عملية الأرنكة للميول والقاع حتى صب الخرسانات والتسوية النهائية للأسطح ورش مواد المعالجة وقطع وملء الفواصل.

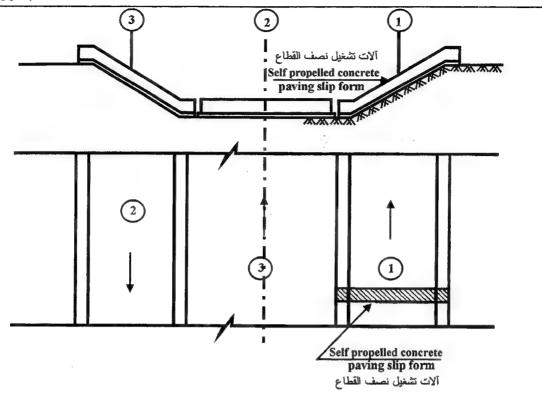
ويوضح الشكل (١-٠١) رسما توضيحيا لسير العمل بوحدات التبطين لنصف القطاع وفقا لتسلسل مراحل العمل:

آلة الأرنكة - آلة صب الخرسانة - السقالة الميكانيكية - السقالة الميكانيكية لرش مواد المعالجة وملء الفواصل وكل هذه الوحدات ذاتية الحركة. ونظرا لثقل آلة الأرنكة وآلة صب الخرسانة فإن عملية النقل والتحريك من وضع لأخر أو من موقع لأخر تحتاج لمعدات معاونة (آلة رفع وتحريك - شاحنة رفع وحمل معدات تقيلة).

# ثانيا: آلات تشغيل القطاع بأكمله

نقوم هذه المجموعة من الآلات المبينة بالشكل (١-١١) بكل من عملية الأرنكة وصب خرسانات التبطين لكامل قطاع الترعة (القدمة العليا للتبطين والميول الجانبية والقاع) في جرة واحدة وتتميز مجموعة آلات التبطين لكامل القطاع أيضا بذاتية الحركة في الجر والرفع.

وتتكون المجموعة من الوحدات اللازمة لإتمام عملية التبطين متكاملة وهى: آلة الأرنكة ، آلة صب الخرسانة ، آلة السقالة الميكانيكية لملء الفواصل ورش مواد المعالجة. وقد روعى في تصميم وتصنيع هذه الآلات أن تقوم بتبطين القطاع الكامل للترع بعرض قاع متغير (بدءا من ٥,٠ متر حتى ٠,٥ متر) وذلك عن طريق وصلات يتم تحريكها للوصول لعرض القاع المطلوب وتزود أيضا هذه الوصلات بمفصلات للتحكم في الميول الجانبية لقطاع التشغيل ويلحق بها وصلات هيكلية لتغيير طول الميول الجانبية وللمراد تبطينه.



### شكل (١-٩) مراحل تشغيل معدات تبطين نصف القطاع

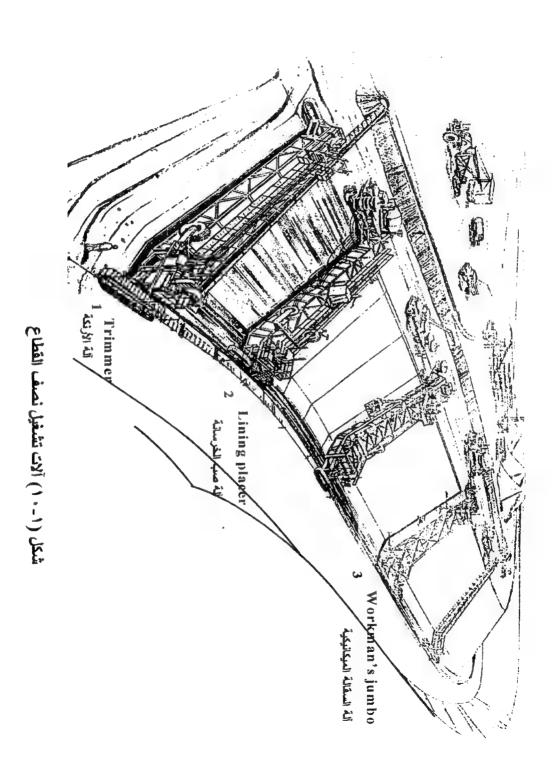
### ١-٤-١ فواصل خرسانات التبطين

### أنواع القواصل

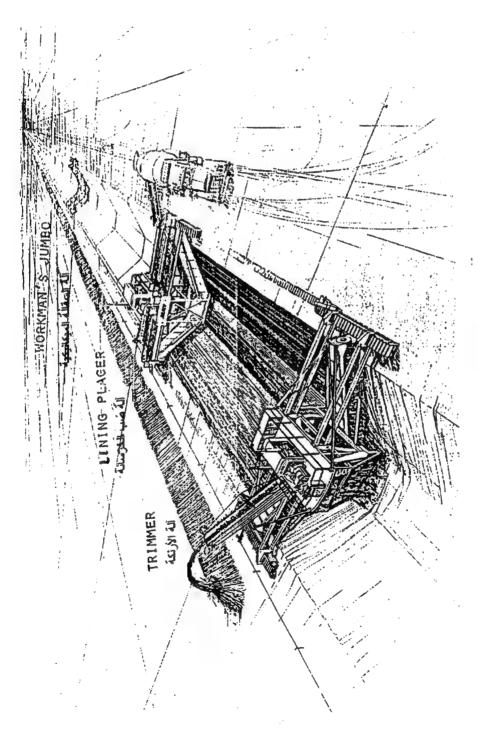
يتم عمل الفواصل فى خرسانات تبطين المجارى المائية لمقاومة الإنكماش والتمدد الذى تتعرض له الخرسانة تحت تأثير إختلاف درجات الحرارة أو لتسهيل وتنظيم عملية الصب أثناء التنفيذ حيث يتم عمل فاصل الصب أو الإنشاء فى نهاية عمل اليوم أو عند نهاية قدمة التبطين للقاع فى حالة إستخدام ماكينة تبطين نصف القطاع.

ويتم عمل الفواصل الطولية Longitudinal والعرضية Transverse آليا بدءا من تحديدها بجهاز تحديد وتخطيط الفواصل الملحق بماكينة صب الخرسانة وحتى عملية التنظيف وملء تجويف الفواصل بالمواد الخاصة (المادة الخلفية والأمامية Back filling material and sealant) بإستخدام العدد والآلات الخاصة بذلك الملحقة بآلة ملء الفواصل ورش مواد المعالجة وأيضا في حالة ما إذا كان المطلوب عمل الفواصل من مانعات تسرب المياه PVC Water stop فإنه يتم تثبيتها في الخرسانة الطرية (Fresh concrete) بجهاز إضافي مزود خصيصا لذلك في آلة ملء الفواصل.

والغرض الرئيسيى لفواصل التبطين هو تكييف ظاهرة حركة بلاطات التبطين نتيجة التمدد الحرارى لمنع الشروخ لذلك يجب تقدير قيمة الحركة عند الفواصل والعناية بإختيار مادة ملء الفاصل الأمامية (Sealant) لأنها الممادة الغالقة لتجويف الفاصل من ناحية المياه. ويوضح الشكل (١-١) الأنواع المختلفة من فواصل التبطين.



۳۱\_۱



شكل (۱۰-۱۱) آلات تشغیل كامل القطاع

# ١- فواصل الإنكماش Contraction Joints

وتعمل طولية موازية لمحور الترعة على الميول الجانبية أو القاع وتعمل أيضا عرضية عمودية على محور الترعة. والشكلان (١-١٣) أ ، ب يوضحان نموذجين لفواصل الإنكماش.

# Y فواصل التمدد Expansion Joints

تعمل فواصل التمدد عرضية على محور الترعة وعلى مسافات تتناسب مع قطاع الترعة ومعامل تمدد الخرسانة أو طولية وفقا لقطاع الترعة وعرض قاعها إذا ما إقتضى الأمر ذلك. والشكلان (١٣-١) ج، د يوضحان نموذجين لفواصل التمدد.

### ٣- فواصل الإنشاء أو الصب Construction Joints

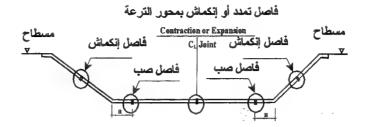
وهى ما تقتضيه ظروف وطرق تنفيذ عملية التبطين وتعمل إما طولية عند نهاية قدمة التبطين السفلى للميول الجانبية والقاع عند إستخدام ماكينة تشغيل نصف القطاع أو تعمل عرضية عند نهاية عمل اليوم وتعمل فواصل الإنشاء (الصب) بنفس مواصفات فواصل التمدد وبكامل عمق خرسانة التبطين كما هو موضح في الشكلين (١٣-١) ج ، د.

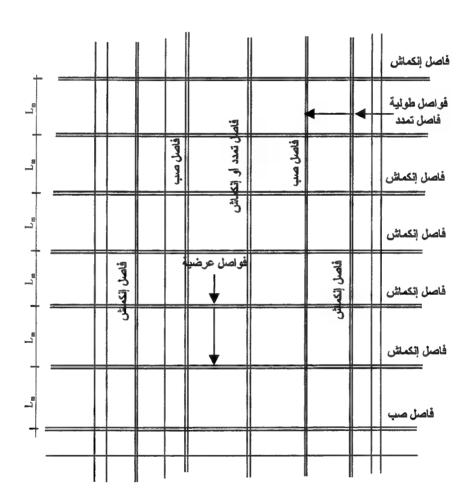
# أسس تصميم الفواصل

### ١ ـ المسافات بين الفواصل

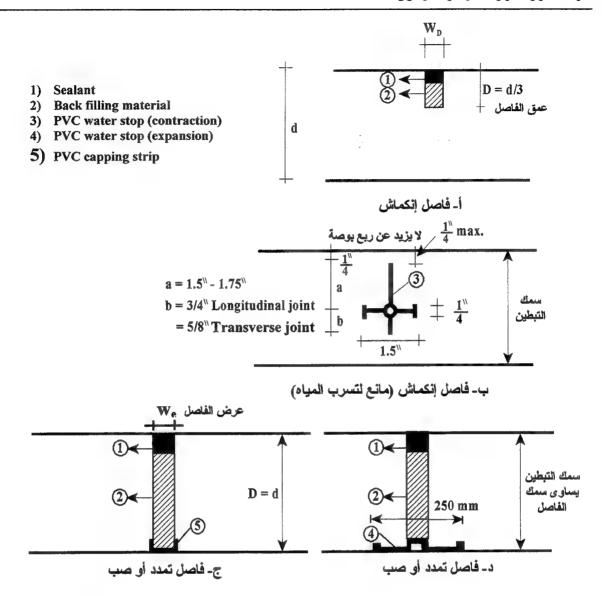
- أ- فواصل الإنكماش العرضية في الاتجاه الطولي للمجرى المائي تؤخذ على مسافات كل ٣ أو ٤ متر ، أما الفواصل الطولية التي تؤخذ موازية لمحور الترعة على الميول الجانبية للقطاع فتؤخذ عند ٢٠,٠ طول الميل من نقطة إلتقاء الميل بالقاع أو التي تؤخذ ببلاطة قاع المجرى إذا إقتضى عرض قاع الترعة ذلك.
- ويؤخذ في الإعتبار أن لا يزيد المسطح المحصور بين الفاصل الطولى والعرضى بخرسانة التبطين عن ١٦-١٦ متر مربع.
- ب- فواصل التمدد في الاتجاه العرضي للمجرى وبكامل سمك بلاطة الخرسانة تملأ بالمواد المناسبة المحددة بالمواصفات.

ويراعى أن المسافات بين فواصل التمدد هي كل ٣٠-٤٠ متر وعلى وجه العموم كل عشرة فواصل إنكماش بينها فاصل تمدد.





شكل (١-٢) أنواع الفواصل في تبطين الترع



شكل (١-٣١) تفاصيل فواصل الإنكماش والتمدد والصب المستخدمة في تبطين الترع من الخرسانة الأسمنتية

ج- فواصل الإنشاء (الصب) وهي إما طولية موازية لمحور المجرى وهي التي تؤخذ في نهاية القدمة على القاع عند إستخدام ماكينات تبطين نصف القطاع ، وإما عرضية عند موقع إيقاف الصب سواء كان لنهاية يوم عمل أو إنتهاء الوردية ويحسن التنسيق بحيث يكون فاصل الإنشاء (الصب) العرضي في ذات موقع فاصل التمدد.

### ٢ - مقاسات الفواصل

# عمق الفاصل (d)

- فاصل الإنكماش هو تجويف بعمق ٢/١ سمك بلاطة التبطين.
- أما فاصل التمدد وفاصل الإنشاء (الصب) فهما بكامل سمك بلاطة التبطين.

 $(W_D)$  عرض الفاصل

يلزم مراعاة أن عُرض فتحة الفاصل  $(W_D)$  يجب ألا يكون في أى وقت أقل من العرض اللازم لتكييف حركة الخرسانة. والمعلومات الهامة والمؤثرة في حساب وتحديد عرض الفاصل هي:

- أ- مدى تغيير درجات الحرارة التي يتعرض لها سطح خرسانة التبطين (ΔT) وهي الفرق بين أعلى وأدنى درجة حرارة.
  - ب- معامل التمدد الطولى للخرسانة (α) ويؤخذ (۱۱,۷ x ۱۱,۷ مم/مم/ مم.).
- ج- معامل تكييف حركة المادة الأمامية للفاصل مع حركة تمدد الخرسانة (M.A.F).

  Movement Accomodation Factor
  - $(L_m)$  المسافة بين الفواصل

ويمكن حساب عرض الفواصل بإستخدام المعادلات التالية:

$$\mathbf{M}_{t} = \mathbf{L}_{m} \alpha \Delta T \qquad \dots (1-19a)$$

$$W_D = \frac{M_t \times 100}{M_t \cdot A.F(\%)} + M_1$$
 (1-19b)

حيث

المسافة التي تتحركها الخرسانة (مم)  $M_{\rm t}=M_{\rm t}$  عرض الفاصل (مم)

# تجهيز الفواصل لقبول مواد الملء

- يجب أن تكون فواصل الإنكماش والتمدد والصب نظيفة تماما حتى لا تعوق التصاق وتماسك مادة الفاصل مع الجو انب الخرسانية.
- بعد فتح الفواصل يتم تنظيفها بخليط الماء والهواء المضغوط الإزالة رواسب الخرسانة منها مثل رايش قطع الخرسانات أو الصنفرة بالفرش السلك.
- بعد غسيل الفواصل بالهواء المضغوط مع الماء يجرى صنفرة الفواصل بالهواء المضغوط المحمل بالرمل لضمان نظافة سطح الفاصل تماما وهي العملية المعروفة بـ Sand blasting .
- يتم نفخ الفواصل بعد إنتهاء عملية الصنفرة ويجرى النفخ بواسطة الهواء المضغوط لإزالة أي بقايا من الرمل والصنفرة والتأكد من جفاف الفتحات من المياه والرطوبة.
  - ويحظر إستخدام مذيبات لعملية النظافة بسبب مسامية الخرسانة.

بعد التأكد من نظافة تجويف الفواصل وفقا لهذه الإشتر اطات يتم دهان أسطحها بالبريمر (Primer) تمهيدا لملئها بمواد ملء الفواصل.

### مواصفات مواد الفواصل

يتم ملء تجويف فواصل الإنكماش والتمدد والصب في أعمال تبطين المجارى المائية بمواد ذات مواصفات طبيعية وكيميائية خاصة مطابقة للمواصفات الأمريكية C920 ASTM والبريطانية BS4254 وتنقسم مواد ملء الفواصل إلى:

- المادة الأمامية Sealant وهي المانعة لمرور المياه خلال الفاصل.
  - المادة الخلفية وهي الحاملة للمادة الأمامية.

# أ- مواصفات المادة الأمامية

- يجب أن تكون من مادة مرنة ممطوطة Elastomeric وأن تكون مقاومة للهبوط Flastomeric وأن تكون مقاومة للهبوط resistant

يلزم أن تكون لها خصائص سهولة التشغيل ذات لزوجة عالية تضمن جودة الإلتصاق مع سطح الخرسانة وتجانس التكوين.

م أن يكون إنكماشها بعد الملء قليلا للغاية وأن تكون ذات مقاومة عالية للإجهاد. وأيضا مقاومة عالية للإنسياب والإرتخاء.

\_ يلزم مراعاة أن يكون معامل تكييف حركة المادة مناسبا لحركة الخرسانة في التمدد والإنكماش.

ولعل أفضل أنواع المواد الأمامية لفواصل تبطين المجارى المائية:

- مادة البوليسالفيد Polysulphide .
- مادة البيتومين المطاطى Rubber bitumen .

وإن كانت مادة البوليسالفيد تتميز في مواصفاتها عن البيتومين المطاطى ولهذا يفضل إستخدامها في المشروعات التي تتعرض لظروف جوية يتسع فيها مدى إختلاف درجات الحرارة أو التي تتعرض فيها المادة الأمامية للفواصل Sealant لتدفقات التيارات الدوامية بسرعاتها المرتفعة (السرعات القصوى المسموح بها لا تتعدى ٥ متر / ثانية ، ٥,٥ متر / ثانية لمادتى البوليسالفيد والبيتومين المطاطى على التوالى).

# ب- مواصفات المادة الخلفية

تستخدم هذه المادة في حشو الجزء الخلفي من الفاصل كما هو موضح في الأشكال (١-١٣) أ، ب، ج سواء لفواصل الإنكماش أو التمدد أو الصب ولذلك يجب أن تكون ذات مواصفات خاصة هي:

- مقاومة للتحلل والعفن Rot proof.
- لا تمتص المياه Non absorbant
- قابلية للإنضاعط على أن تعود للحجم الأصلى بعد إنتهاء القوة الضاغطة نتيجة حركة الخرسانة ويمكن إستخدام برنيطة من الدبى في سي PVC capping لحماية المادة الخلفية في فواصل التمدد والصب كما هو موضح بالشكل (١٣-١) ج.

# ج- مانعات المياه في فواصل الإنكماش والتمدد والصب

تستخدم مانعات المياه PVC water stops في فواصل الإنكماش والتمدد والصب وبالأبعاد الآتية:

فواصل الإنكماش Contraction joints كما في الشكل (١٣-١) ب العرض ٩٠,١//

البعد (a)  $\frac{1}{4}$  البعد (b) البعد (b) في الغرضية الفواصل الطولية المعرضية

فواصل التمدد والصب Expansion and contraction وتكون بعرض أقله ٢٥٠ مم وذلك كما هو موضح في الشكل (١-١٣-د).

#### ١-٤-١-٨ أعمال حماية التبطين

يلزم الإهتمام بالأعمال التى تساعد على حماية التبطين وصيانته كالحماية من الضغط الهيدروستاتيكى للمياه الأرضيع وأيضا عمل السلالم الخاصة بالأمان والصيانة.

### حماية التبطين من الضغط الهيدر وستاتيكي للمياه الأرضية

عند تبطين الترع في أراضى المناطق التي تتعرض لإرتفاع موسمى في مناسيب المياه الأرضية ونظر القيام التبطين بمنع التسرب فإن الأراضي المحيطة بجسم الترعة تكون في حالة صرف حر إلى أسفل. وعندما تكون الترعة غير مملوءة بالمياه فإن المياه الأرضية المحيطة بجسم الترعة (إذا كانت عالية المناسيب) تحدث ضغطا هيدر وستاتيكيا من الخارج إلى الداخل يؤثر على التبطين إلى حد الكسر تحت تأثير قوى التعويم إلى أعلى. وتحدث الظاهرة أيضا في حالة وجود طبقات غير منفذة للمياه تعمل على منع الصرف الحر إلى أسفل ورفع مناسيب الماء الأرضى في المناطق المتاخمة للترعة.

وفى كل الحالات فإن العلاقة بين منسوب قاع الترعة ومنسوب المياه الأرضية من الأهمية بمكان فى تحديد الضاغط الهيدروستاتيكى الذى تتعرض له خرسانة التبطين ويلزم حماية التبطين بإنشاء مصارف تحت قاع الترعة لصرف المياه بعيدا عن جسم الترعة وهناك نوعان رئيسيان لهذه المصارف:

#### النوع الأول

### النوع الثاني

يتم عمل مصرف من مادة المرشح (رمل وركام متدرج) وبذات المواصفات بالبند السابق ، إلا أنه بدلا من إستخدام Flap valve يتم وضع ماسورة صرف بقطر  $3^{"}$  -  $7^{"}$  بطول المرشح وفي وسطه وتتصل هذه الماسورة بماسورة تجميع توصل إلى بيارة تجميع المياه التي يتم صرفها بطلمبة تركب على هذه البيارة و هو كالموضح بالشكل (١--١).

### حماية التبطين من مياه الرشح

تؤخذ الإحتياطات اللازمة التي تصمن منع رشح وتسرب المياه بالترع المبطنة بالخرسانة وذلك بإتباع أحدى الطريقتين الآتيتين أو كليهما حسب الظروف لمقاومة الرشح وهي:

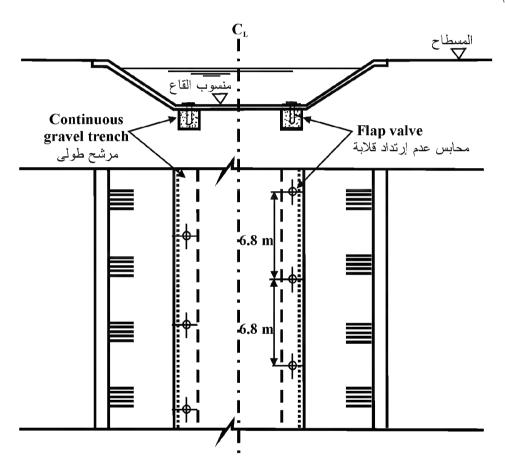
- ا- إضافة مادة لخلطة خرسانة التبطين من مواد الإضافة التي تساعد على الحصول على خرسانة غير منفذة للمياه مانعة للرشح والتسرب كمادة السيلكافيوم وهي مادة المكون الأساسي لها أكسيد السيلكا ( $Sio_2$ ) ونسبة الإضافة النمطية للمادة على خلطة الخرسانة من ١٠ ١٠ % من وزن الأسمنت.
- ٢- وُضع وفرد نسيج صناعى غير منفذ للمياه على كامل قطاع الترعة بدءا من القدمة العليا للتبطين والميول الداخلية للترعة والقاع.

# سلالم الأمان والصيانة

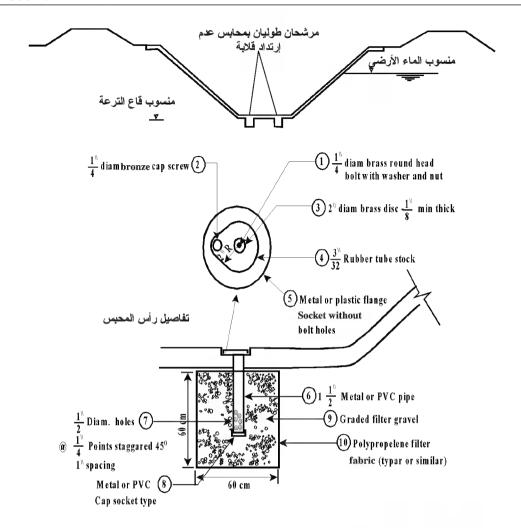
يتم تثبيت سلالم الأمان والصيانة في حالة ما إذا زاد إرتفاع عمق قطاع الترعة عن ١,٠ متر.

وتثبت هذه السلالم على الميول الجانبية لقطاع الترعة بالبر الأيمن والأيسر وعلى مسافات على طول الترعة من ٢٠٠ - ٢٥٠ متر وبطريقة رجل غراب بين البرين.

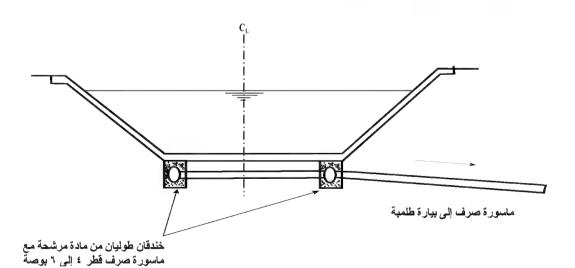
ويتم تثبيت هذه السلالم والخرسانة طرية وفق التفصيلات الموضحة بالشكل (١٧-١) لنموذجين لهذه السلالم.



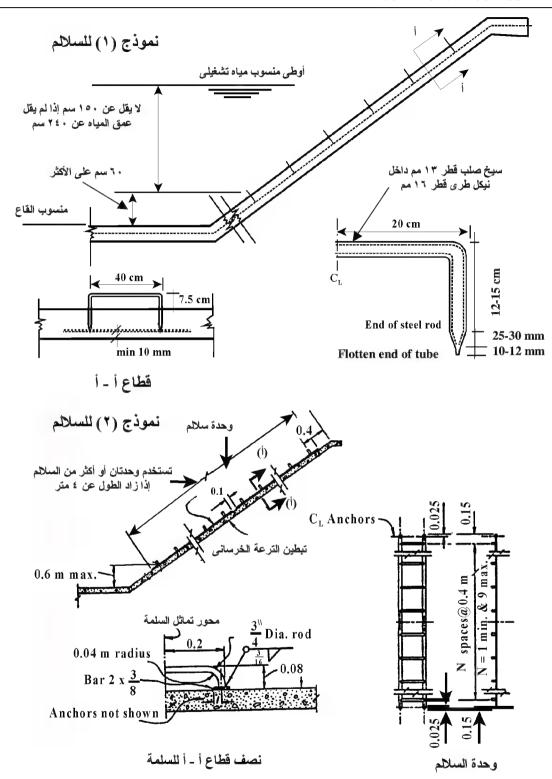
شكل (١-١) مواقع وترتيب محابس عدم الإرتداد القلابة



شكل (١-٥١) تفاصيل محبس عدم الإرتداد القلاب ومرشح الرمل والزلط



شكل (١-٦١) خنادق صرف طولية مزودة بمواسير



شكل (١٧-١) سلالم الأمان والصيانة لترع مبطنة بالخرسانة

# Asphalt Concrete Lining الأسفلتية الأسفلتية ٢-٤-١

يستخدم التبطين بالخرسانة الأسفلتية كبديل للتبطين بالخرسانة الأسمنتية غير المسلحة وذلك في الشبكات ذات القطاعات الصغيرة كالمساقي والمراوى ، حيث تكون تكلفة الأسفلت منخفضة بالقدر الذي يعادل توقعات قصر عمر التبطين بالخرسانة الأسفلتية ، وأيضا حيث يتوافر الركام والمواد المناسبة المكونة للخرسانة الأسفلتية والتي تقل في مواصفاتها عن تلك المستخدمة في الخرسانة الأسمنتية.

## ١-٤-٢ ضمان صلاحية التربة خلف التبطين

من الإشتر اطات الأساسية لضمان نجاح تبطين مجارى الرى بالخرسانة الأسفلتية أن تكون التربة الحاملة للتبطين صلبة مستقرة تنطبق عليها الإشتر اطات الخاصة بالبند ١-١-١-١

ومن الأمور الهامة التي تؤخذ في الإعتبار ضرورة التأكد من خلو التربة الحاملة للتبطين من الأعشاب أو إحتمالات نموها مستقبلا لما لها من أضر ار بالغة على التبطين.

## إحتياطات منع نمو الأعشاب

تمثل الأعشاب طاقة كافية كمصدر خطر ضار للخرسانة الأسفلتية خاصة عندما تتهيأ ظروف وأسباب نمو هذه الأعشاب كتلوث التربة تحت التبطين ببذور الأعشاب أو رطوبة التربة التي تساعد على توالد بذور الأعشاب مما يساعد على نمو جذورها.

ولهذا ينصح بضرورة معالجة التربة الحاملة للتبطين بإستخدام المعقمات خاصة إذا كان التبطين بالخرسانة الأسفلتية سيتم لتربة خصبة لنمو الأعشاب وتستخدم هذه المعقمات على هيئة كيماويات أو مشتقات البترول ، بعد حرق الأعشاب الموجودة وحرث جذور ها بالتربة ثم تعقيمها بإستخدام محلول كلورات الصوديوم بنسبة تركيز 0 في المياه وبمعدل 0 لتر 0 المتر المسطح حيث أن ذلك يعطى نتائج طيبة لعملية التعقيم.

ومن طرق المعالجة الكيمائية المتبعة إضافة بوراكس إلى كلورات الصوديوم في حالته الصلبة وذلك بنسبة ١٠ : ٤ ونثرها على سطح التربة التي سيتم فرد الخرسانة الأسفانية للتبطين عليها.

ومن مركبات تعقيم التربة ضد نمو الحشائش تلك المكونة من البنتا كلوروفينول المضاف لمركب من ناتج تقطير النفط والكلورات والبورون المذابة في المياه ، ويمكن إستخدام هذا المحلول بالرش على سطح التربة بمعدل 700 جم 7 حيث وجد أن هذا المعدل مناسب وكاف لعملية تعقيم الأرض. ويلزم ترك التربة بعد ذلك دون قلقلة لفترة لا تقل عن 8 أيام بعد عملية الرش.

وفى حالة ما إذا كانت الأعشاب من تلك التى تتميز بالجذور الطويلة فإنه يلزم حقن التربة بهذه المحاليل كل ٤٠ سم وبعمق حتى ٣٠ سم.

## ١-٤-٢ حالات تسليح خرسانات التبطين الأسفلتية

إضطر المنفذون فى بعض الأحوال لتسليح التبطين بالخرسانة الأسفلتية بإستخدام الشبك السلكى خاصة فى الأراضى المروية وبالتجارب المستمرة وجد أن تسليح الخرسانة الأسفلتية فى تبطين مجارى الرى غير ذى جدوى.

## ١-٤-٢-٣ سمك التبطين بالخرسانة الأسفلتية

يلزم مراعاة أن يصل سمك الخرسانة الأسفلتية إلى الحد الكافى لضمان تحقيق كتامة المياه. وهناك علاقة بين سمك التبطين وحجم قطاع الترعة وهى الموضحة فى الشكل (-7). وعلى وجه العموم لما كان من المتبع حاليا إستخدام الخرسانة الأسفاتية فى تبطين الترع وفروعها ذات القطاعات الصغيرة ففى هذه الحالات يكتفى أن يكون سمك التبطين من -2 سم وفى الترع ذات القطاعات الكبيرة يمكن الوصول بالسمك إلى -1 سم.

## ١-٤-٢-٤ تصميم خلطة الخرسانة الأسفلتية

يتم عمل التجارب المعملية للوصول إلى خلطة الخرسانة الأسفاتية التي تتميز بدرجة تشغيل عالية ولكى تكون خلطة الخرسانة الأسفاتية غير منفذة للمياه يلزم مراعاة الآتي :

أ- أن يكون تدرج الركام في الخلطة كالآتي:

نسبة المار	فتحة المنخل
% 1	۱۹٫۰٥ سم
% \ Ao	۱۲٫۷۰ سم
% 1 00	رقم ٤
% 7 ٣0	رقم ۱۰
% T 1A	رقم ۶۰
% 0 - 17	رقم ۲۰۰

ب- أن تكون نسبة الأسفلت في الخلطة من ٧ - ١٠ % .

## أنواع خلطات الخرسانة الأسفلتية للتبطين

يمكن إستخدام الخرسانة الأسفانية بنوعيها وهي الخلطة على البارد أو الخلطة على الساخن « وفيما يلي الأسس العامة و المو اصفات الخاصة بهذه الخلطات :

## ١- الخرسانة الأسفلتية على البارد

تعمل الخلطة على البارد على درجات حرارة منخفضة نسبيا وتكون درجات الحرارة السائدة ما بين المحرارة السائدة ما بين المحرارة ومن عيوب إستخدام خلطة الخرسانة الأسفلتية على البارد في أعمال التبطين طول الفترة الزمنية اللازمة للمعالجة قبل أن يكتسب التبطين الدرجة المطلوبة من التماسك. ذلك بالإضافة إلى أن بعض الخلطات على البارد قد تستمر فترات ممتدة طرية دون شك بينما أخرى تتكمش نتيجة وصولها درجات المعالجة مما يترتب عليه حدوث شروخ في التبطين يلزم معالجتها بملئها بمعجون من مونه الرمل و الأسمنت.

ج- يراعى إستخدام الأسفلت الصلب Solid asphalt الذى تتراوح درجة إختراقه ما بين ٥٠ - ٦٠ حيث أوضحت التجارب والممارسة أنه يعطى خلطة ذات مواصفات أكثر جودة من الأسفلت الخفيف الذى تبلغ درجة الإختراق فيه من ١٠٠ - ٢٠٠ .

## ٢ - الخرسانة الأسفلتية على الساخن

فى الخرسانة الأسفلتية على الساخن يتم إضافة الأسفلت على الخلطة بعد تسخينه لدرجة حرارة ٢٠٤° مئوية.

ويلزم ضمان إنتظام وتجانس خلطة الخرسانة الأسفلتية وتحاشى وجود فراغات هوائية حيث أن ذلك يضمن حسن أداء الخرسانة الأسفلتية ولذلك يلزم إعداد الخلطة الأسفلتية في محطات عالية الكفاءة. وفي الحالتين بعد إتمام خلطة الخرسانة الأسفلتية في محطة الخلط يتم نقلها لمواقع العمل في سيارات قلاب.

### ١-٤-٢- طرق ومعدات التنفيذ

فى الخرسانة الأسفاتية على البارد يتم رمى وصب الخرسانة للتبطين إما يدويا بنثرها بجاروف وتسويتها بإستخدام المدمة Rakes وهى قدة لتسوية الأسطح ذات ذراع طويلة للتحكم فيها أو ميكانيكيا بإستخدام صندوق نثر الخرسانة الأسسفاتية Spreader box على الميول أو بإستخدام فينشر الأسسفاتية. Asphalt finisher

ويتم دمك طبقة الخرسانة الأسفاتية بطرق متعددة منها الدك بإستخدام الدكاك القرصى Plate compactor الذى يتم تشغيله يدويا أو بالهرس بإستخدام الهراس الهزاز Vibrating compactor .

ومن المتبع الوصول بكثافة الإنضغاط إلى حد لا يقل عن ٩٤ - ٩٦ % كما أنه لا تعمل فواصل في التبطين بالخرسانة الأسفانية و لا تحتاج لأي معالجة.

أما فى حالة الخرسانة الأسفاتية على الساخن فإنه بالإضافة إلى إستخدام الأسلوب والمعدات الموضحة فى الخرسانة الأسفاتية على البارد فإنه يفضل إستخدام الفرمة المنزلقة Slip form والذى يتم تغذيتها بمخلوط الخرسانة الأسفاتية الموردة للموقع بالسيارات القلاب عن طريق مزراب حيث يقوم جهاز توزيع الخرسانة بالآلة بفردها وفرشها على قطاع تبطين الترعة بقطاع منتظم السمك بالإضافة إلى الماكينة المزودة داخليا بهزاز أسطواني لزيادة دمج وضغط الخرسانة لإعطاء الخرسانة كثافة عالية وكتامة للمياه وسمكا منتظما.

## Asphalt Macadam Lining التبطين بمكدام الأسفلت ٣-٤-١

## ١-٣-٤١ خلطة التبطين بمكدام الأسفلت

التبطين بمكدام الأسفلت عبارة عن طبقة من الخرسانة الأسفلتية بركام خشن كبير نسبيا عن ذلك المستخدم في الخرسانة الأسفلتية بركام خشن كبير نسبيا عن ذلك المستخدم في الخرسانة الأسفلتية مخلوط بالأسفلت وفق النسب و المعايير السابق ذكر ها بالبند (١-٤-٢-٤) الخاص بتصميم خلطة الخرسانة الأسفلتية وذلك لتعطى خلطة لتكوين تبطين بسطح مرن مقاوم للنحر ، وإن دلت التجارب أنه ليس من المتيسر عمليا إنشاء تبطين مكدام الأسفلت كاتما تماما للمياه بدون إستخدام كميات كبيرة من الأسفلت.

#### ١-٤-٣-٢ ضمان صلاحية التربة خلف التبطين

لضمان نجاح التبطين يلزم أن تكون التربة الحاملة للتبطين صلبة مستقرة تنطبق عليها الإشتراطات الخاصة بالبند (١-٤-١-٢) وأجزائه ، كما يلزم إتخاذ خطوات إحتياطات منع نمو الأعشاب كما ورد بالبند (١-٤-٢).

# ١-٤-٣ سمك تبطين المكدام والتسليح وطرق التنفيذ

من التجارب المتعددة رؤى أن السمك المناسب لتبطين المجارى المائية بمكدام الأسفلت ١٠ سنتيمترات. وفي بداية تجارب التبطين بمكدام الأسفلت لوحظ أن الشروخ ممتدة خلال التبطين حتى طبقة الأساس ولهذا تم اللجوء لتجربة تسليح تبطين مكدام الأسفلت وفي متابعة لأحد هذه التجارب وجد أن التبطين ظل على حالة حسنة بعد عشر سنوات من الإنشاء.

وعند تنفيذ التبطين بمكدام الأسفات يتم إتباع نفس طرق التنفيذ والمعدات المنصوص عليها بالبند (١-٤-٢-٥) الخاص بطرق ومعدات التنفيذ للتبطين بالخرسانة الأسفاتية. ويجدر الإشارة إلى أن خرسانة التبطين بمكدام الأسفلت التى توزع على القطاع بالحفاز Catalytically blown تعطى مكداماً أسفلتياً ثابتا مستقرا وتبدو أجزاء الركام الحرش منغمسة ومحاطة تماما بالأسفات.

وقد دلت التجارب أنه ليس عمليا إنشاء تبطين بمكدام الأسفلت كاتما كلية للمياه بدون إستخدام كميات كبيرة من الأسفلت ، ولهذا فإنه بصفة عامة لا يوصى بالتوسع فى إستخدام المكدام فى التبطين ويكتفى بإستخدامه فى حالات تثبيت التربة أو كغطاء عند إستخدام التبطين بغشاء مقاومة التسرب كما سيأتى تفصيله لاحقا.

1-2-3 التبطين بالخرسائة المقذوفة (شوتكريت) Shotcrete Concrete Lining تتكون الخرسانة المقذوفة من مونة الأسمنت والرمل ويتم صبها بطريقة القذف بالهواء المضغوط Pneumatic pressure

وتستخدم خرسانة الشوتكريت فى معالجة أسطح التبطين بالخرسانة الأسمنتية التى تعرضت للتلف وقد أعطت هذه العملية نتائج طيبة ، كما تستخدم فى تبطين فروع الرى المنشأة حديثا ومن أهم مميزات إستخدام خرسانة الشوتكريت فى التبطين :

- إمكانية تغطية الأسطح الصخرية وملء الفراغات الناتجة من التفجير أو التكسير وذلك للوصول الى سطح ثابت مستو صالح لوضع التبطين.
- طريقة تنفيذ التبطين بإستخدام الشوتكريت تسمح بإستمرار تبطين القطاع حتى مماسات الأعمال الصناعية المقامة على المجرى بعكس التبطين بالخرسانة الأسمنتية المنفذ بإستخدام الفرمات المنزلقة حيث يضطر لترك مسافة أمام وخلف الأعمال الصناعية يتم تشغيلها يدويا.

ومن عيوب خرسانة الشوتكريت أنها تقتصر في مكوناتها على الأسمنت والرمل بدون إضافة ركام زلطي ويستخدم الأسمنت فيها بنسب تزيد عن المستخدم في مكونات الخرسانة الأسمنتية مما يجعل الشوتكريت أكثر عرضه للشروخ والكسر نظرا لحاجة الخلطة لكميات أكبر من المياه.

وهذا النوع من التبطين ليس إقتصاديا بالمقارنة بالتبطين بالخرسانة بإستخدام الفرم المنزلقة في حالات الترع ذات القطاعات الكبيرة وذلك لا يرجع فقط إلى بطء معدل التبطين بالشوتكريت عن معدل التبطين بالخرسانة الأسمنتية بإستخدام الفرم المنزلقة لكن أيضا قد أثبتت الدراسات الإقتصادية أن تكلفة التبطين

بالشوتكريت سمك ١,٥ بوصة أكبر من تكلفة التبطين بالخرسانة الأسمنتية سمك ٢ بوصة إذا كانت الظروف مناسبة لإستخدام الفرم المنزلقة.

# ١-٤-٤-١ مكونات الخرسانة المقذوفة (الشوتكريت)

تتكون خلطة الخرسانة المقذوفة التي تستخدم في التبطين من الأسمنت والرمل بنسبة ١: ٥,٥ بالوزن وهي النسبة النمطية المعتادة عند فوهة التغذية.

ونسبة المياه للأسمنت (W/C) النمطية هي ٠,٥٧ وهي أقصى نسبة تضمن عدم حدوث إنفصال خاصة في حالة الميول الجانبية لقطاع الترعة.

ويلزم مراعاة مطابقة تدرج الرمل المستخدم في الشوتكريت مع التدرج القياسي الخاص برمل الخرسانات حسب ما سبق عرضه بالبند (١-٤-١-٣) الخاص بمواصفات المواد المكونة لخرسانات التبطين. وأكبر حجم لحبيبات الرمل هي بقطر ١٦/٣ بوصة. ويفضل أن تكون الحبيبات صلبة وألا تتفتت عند مرورها بفوهة التغنية (القذف) تحت تأثير قوة الدفع، ويراعى عند تجهيز الخلطة عدم زيادة نسبة الرمال ذات الأقطار الدقيقة Fine حيث أن هذه الزيادة تحتاج إلى كميات زائدة من مياه الخلط حتى تصل الخلطة إلى حد اللدونة المطلوبة وذلك يترتب عليه نتائج سلبية للخلطة كتقليل قوتها وفي ذات الوقت زيادة الإنكماش عند الوصول لحالة الشك ، ويلزم مر اعاة إحتواء الرمل على نسبة من الرطوبة من ٣ إلى ٦ % للمساعدة في رفع كفاءة تشغيل المعدات حيث أنه إذا كان الرمل شديد الجفاف فإنه يعمل على صعوبة إنتظام تدفق الخرسانة وأيضا يساعد على زيادة المرتد من الخرسانة أثناء التشغيل وذلك لزيادة قابلية وإحتمالات إنفصال ركام الرمل والأسمنت. بينما الرمال المبتلة بنسبة عالية فإنها تخلق إنسدادات متكررة في المعدات وخرطوم التنفق. كما ينصح بعدم إستخدام الركام الحرش في خرسانة الشوتكريت لتقليل نسبة الإرتداد وللمساعدة في الحصول على سطح أملس. ويرجع هذا الإرتداد المشار إليه إلى السرعة العالية التي يتم بها قذف الخليط من فوهة التدفق وذلك عند إصطدامها بالأسطح التي يتم تغطيتها بخليط الشوتكريت ونتيجة لذلك فإن جزءا من خليط الخرسانة يرتد مرفوضا نتيجة الوثبة المفاجئة ، وتصل نسبة المرتد من خرسانة الشوتكريت عند صبها إلى ٢٥ % في حالة الميول الجانبية لقطاع المجرى وتصل إلى ٢٠ % في حالة الأسطح الأفقية كقاع المجرى وتزداد هذه النسبة مع زيادة سرعة القذف من فوهة التصرف.

وعلى وجه العموم فإنه في حدود تماسك قوام الخليط المعتاد ومع ثبات العوامل الأخرى فإن كمية الإرتداد تتاسب عكسيا مع نسبة المياه للأسمنت W/C حيث أنه كلما زادت المياه فإن الخليط يصبح أكثر لدونة وتماسكا وله قابلية أكبر للإلتصاق بالأسطح. وبالرغم من أن زيادة المياه بالخلطة يقلل من كمية المرتد فإنه يلزم الحذر في أن تكون كمية المياه محددة إلى الدرجة التي لا تعمل على إنفصال وإنز لاق الشوتكريت بعد قذفها و فردها.

# ١-٤-٤-١ سمك التبطين بالخرسانة المقذوفة (الشوتكريت)

من المتبع أن لا يقل سمك التبطين بالشوتكريت عن ٤ سم. ويزيد تبعا لزيادة القطاع حيث يكون أقصى سمك آمن ١٠ سنتيمترات. ويذكر أنه وفقا للطريقة المتبعة في فرد خرسانة الشوتكريت التبطين فإنه يصعب التحكم في المحافظة على إعطاء التبطين سمكا منتظما الأمر الذي يترتب عليه إحتمالات وجود مسطحات ضعيفة في التبطين.

## ١-٤-٤-٣ تسليح التبطين بالخرسانة المقذوفة (الشوتكريت)

يتم أحيانا تسليح تبطين الشوتكريت عندما تقتضى الظروف الإنشائية ذلك بإستخدام الشبك السلكى قطر ١٠ مم وذلك بأبعاد ١٠ x ١٠ سم أو ١٥ x ١٥ سم ويلزم العناية فى تثبيت شبك التسليح فى منتصف سمك التبطين و إلا سيكون غير ذى فاعلية بل من الممكن إعطاء نتائج عكسية.

## ١-٤-٤- فواصل الإنكماش والتمدد والتشغيل للتبطين بالشوتكريت

يتم تنفيذ مساحات كبيرة من التبطين بالشوتكريت دون فواصل إنكماش أو تمدد بها. والحجة التي تؤيد التقليل من عمل الفواصل في التبطين بالشوتكريت هي أن الشروخ عند حدوثها يتم ملؤها أو لا بأول كما أن الصديانة اللازمة لها تتم بتكلفة أقل عما إذا أنشئت الفواصل مع التبطين إلا أن ظاهرة الإنبعاج ظهرت في التبطين بالشوتكريت التي لم يتم تنفيذ فواصل بها تحت تأثير التمدد الحراري.

ولهذا كان من الضرورى عمل فواصل للتبطين بالشوتكريت لا تقتصر عند مواقع الأعمال الصناعية لكن ضرورة عمل فواصل الإنكماش والتمدد والتشغيل (الصب) العرضية والطولية وفق القواعد والأسس المتبعة في التبطين بالخرسانة الأسمنتية وهي الموضحة بالبند (١-٤-١-٧).

### ١-٤-٤- تجهيز التربة الحاملة للتبطين

ير اعى ضرورة الإلتزام بالمواصفات والإشتراطات الواردة بالبند (١-٤-١-٢) الخاص بالتربة الحاملة للتبطين.

وثبات التربة الحاملة للتبطين هام للغاية ، وإعداد هذه التربة لإستقبال التبطين بالشوتكريت يختلف بإختلاف الصفات المميزة للتربة ، فإذا كانت تربة القطاع صخرية ذات مميزات هيدروليكية مناسبة لا تتأثر بالمياه عند التعرض لها مثل ظاهرة الإنتفاخ فإنه يكتفى فى هذه الحالة بتسوية الأسطح على الميول بملء الفراغات الناتجة عن التفجير أو التكسير لتشكيل قطاع المجرى وذلك بمونة الأسمنت والرمل للوصول إلى سطح مستو يصلح للمحافظة على سمك منتظم للتبطين بالشوتكريت.

ويلزم مراعاة نظافة الأسطح تماما من الأعشاب والزيوت وكافة المواد التى تعطى آثار اسلبية للخرسانة كما يلزم رش أسطح التربة رشا خفيفا بالمياه قبل وضع خرسانة الشوتكريت.

# ١-٤-٤- طرق خلط وصب الخرسانة المقذوفة (شوتكريت)

## طرق الخلط

يتم صب خرسانة الشوتكريت في وضعها النهائي بواسطة الهواء المضغوط وهناك أسلوبان لإنتاج الشوتكريت وهما الخلط على الناشف والخلط المبتل.

ففى حالة الخلط على الناشف يتم الخلط بعناية تامة مع الإحتفاظ بنسبة معقولة من الرطوبة لتحاشى الأتربة ثم يدفع الخليط لخرطوم التوصيل بالهواء المضغوط مع إضافة المياه عند فوهة الخروج (التدفق)، وفى حالة الخليط المبتل فيتم خلط المواد بالمياه لتكوين الخرسانة ثم يتم دفع الخليط فى خرطوم النقل ثم إلى الفوهة حيث يحقن بالهواء لزيادة السرعة. ويفضل فى تبطين الترع إستخدام الشوتكريت المخلوط على الناشف.

#### طرق الصب

للوصول للنتائج المفضلة لتبطين الترع بالخرسانة المقذوفة يلزم مراعاة أن تكون فوهة القذف (التدفق) عمودية وعلى مسافة أقصاها T أقدام من السطح المطلوب تبطينه بالشوتكريت. ويوضح الشكل (١-١١) صب خرسانة شوتكريت مع وجود شبك حديد تسليح حيث تخرج خرسانة الشوتكريت مقذوفة من فوهة التصرف تحت تأثير الضغط علما بأن أقل ضغط هواء يتناسب مع الخرطوم الذي يقل طوله عن ١٠٠ قدم (حوالي ٣٥ متر) هو ٤٥ باوند / البوصة المربعة (T,T كجم / سم ) ويراعي زيادة الضغط بمقدار ٥ باوند / البوصة المربعة (T,T كجم / سم ) تزيد في طول الخرطوم عن T,T قدم (T,T قدم (T,T

وتعتمد السرعة المناسبة لمخلوط الخرسانة المقذوفة من فوهة التدفق على قطر الفوهة ، وعلى سبيل المثال فعندما يكون قطر فوهة التدفق 7,7 بوصة 7,7 سم) فإن السرعة المتوسطة المناسبة للقذف هى 7,7 قدم / ثانية (150 متر / ثانية) وتختلف سعة كمبرسور التشغيل المولد للهواء المضغوط بإختلاف أقطار خرطوم نقل المخلوط وفوهة التدفق وذلك كمل هو موضح بالجدول (1-0).



شكل (١٨-١) صب خرسانة الشوتكريت في قطاع ترعة مع إستخدام شبك تسليح

جدول (١-٥) علاقة ضغط هواء التشغيل بقطر فوهة التدفق وسعة مولد الضغط (الكمبرسور) لمعدة صب الشوتكريت

ضغط هواء	قطر فوهة	قطر الخرطوم	سعة مولد الضغط
التشغيل المتاح	التدفق	(سىم)	(الْكمبرسور) م" / م
(کجم / سم ۲)	(سىم)		
۲,۸۰	1,9.	۲,0.	٧,٠٠
٣.٢.	۲,0.	٣,٢٠	۸,۸۰
٣,٩٠	٣,٢٠	٣,٨٠	1.,7.
٤,٦٠	٣,٨٠	٤,١٠	١٤,٠٠
0,4.	٤,١٠	٤,٤٠	١٦,٨٠
٦,	٤,٤.	0,**	۲۱,۰۰

ويراعى فى حالة الشوتكريت على الناشف أنه من اللازم أن يكون ضغط المياه أعلى من ضغط هواء التشغيل لضمان الابتلال الكامل للخليط عند الفوهة وليعطى فنى تشغيل الفوهة إمكانية سريعة للتحكم الإيجابي فى عملية الفرد.

وفيما يلى بيان الحد الأقصى والحد الأدنى ومتوسطات ضغط هواء التشغيل وضغط المياه وعلاقتها بطول الخرطوم.

المتوسط	الحد الأدنى	الحد الأقصى	
٣,٥	۲,٥	٤,٩	ضغط الهواء (كجم / سم)
٤,٩	٣,٥	٩,٢	ضغط المياه (كجم / سم <sup>٢</sup> )
٦.	10	11.	طول الخرطوم (متر)

ينصح في أعمال التبطين بالشوتكريت أن لا يكون بالخلطة ركام حرش ويتم الصب في عدة طبقات تحاشيا لانفصال المواد المخلوطة والمستخدمة حديثا.

وفى حالة تبطين الترع بالشوتكريت (للميول الجانبية للقطاع أو القاع) ينصح ألا يقل سمك الطبقة الواحدة عن 1 وعند عمل تبطين من عدة طبقات فإنه يراعى وجود فترة زمنية تتراوح من 7 - 1 دقيقة بين كل طبقتين متتاليتين حتى لا يحدث إنفصال.

ويراعى ضرورة معالجة تبطين الشوتكريت فور إنتهاء أعمال الفرد والتسوية وذلك برش الأسطح المنتهية بمحلول معالجة الخرسانة.

ويتم فرد وصب خرسانة الشوتكريت على السطح المراد تبطينه بإستخدام المعدات وبالأسلوب الموضح ويتم ذلك بطاقم من ثلاثة من الفنيين المهرة المدربين:

- فنى تشغيل وتوجيه فوهة التصرف.
- فني تشغيل ماكينة الخلط والتشغيل.
  - فني إزالة المرتدمن الشوتكريت.

ويلزم التأكد من مهارة وخبرة هذه المجموعة حيث أن جودة التبطين تتوقف على درجة مهارة هذه العمالة. إذ أن فنى فوهة التدفق يقوم بصب الشوتكريت على المناسيب المقررة وبالسمك المطلوب ويقوم بإضافة المياه بالقدر النمطى المقرر عند الفوهة ويراعى الدقة فى وضع وفرد الشوتكريت بإنتظام لضمان إستبعاد المرتد من القطاع وتقليله مع دقة ضبط الفوهة فى موقعها الصحيح «كما أن فنى تشغيل الماكينة يعمل على ضبط وإنتظام ضغط الهواء والمياه ومعدل التغذية ليعطى تدفق منتظم وبسرعة مناسبة عند الفوهة.

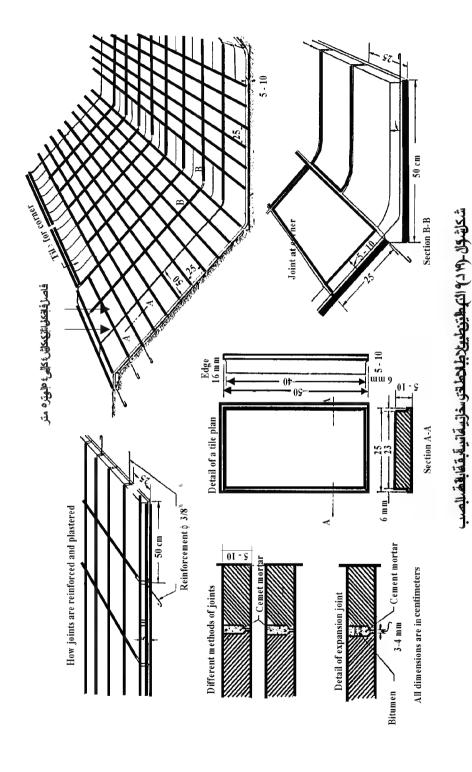
# ١-٤-٥ التبطين ببلاطات خرسانية سابقة الصب Precast Concrete Lining

### ١-١-٥-١ إستخدامات البلاطات سابقة الصب

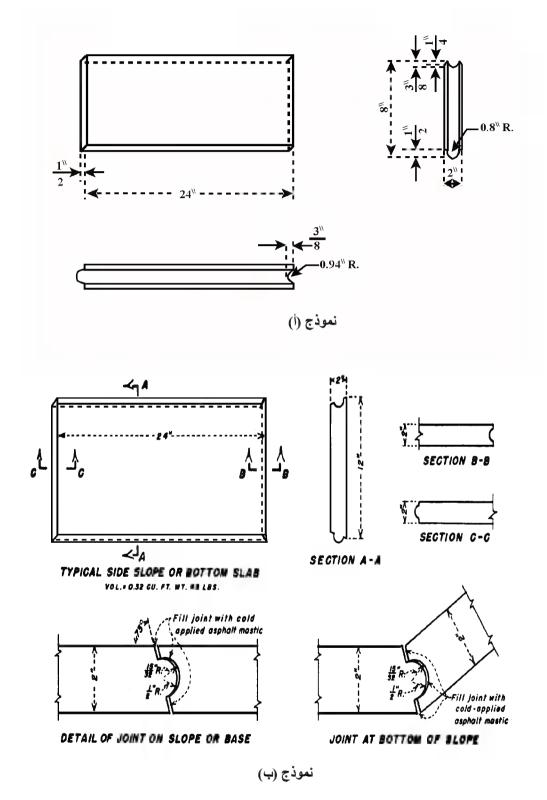
تستخدم البلوكات أو البلاطات الخرسانية سابقة الصب في تبطين الترع ذات القطاعات الصغيرة والثانوية والمراوى. وتتم هذه الإستخدامات في حدود ضيقة وظروف تتناسب مع اقتصاديات التشغيل حيث يمكن تدبير العدد الكافي من العمالة بأجور مناسبة.

### ١-٤-٥ أبعاد البلاطات سابقة الصب

- أ- في الترع والفروع ذات القطاعات الصغيرة والتي تحمل تصرفا يتراوح من 0.0 0.0 0.0 م 0.0 0.0 0.0 تستخدم بلاطات أبعادها 0.0 0
- ب- في حالة الترع ذات القطاعات الأكبر من تلك المذكورة بالبند السابق (أ) فإنه يتم إستخدام بلاطات بأبعاد أكبر تتناسب مع أبعاد قطاع الترعة المراد تبطيفه بالبلاطات الخرسانية سابقة الصب، ويمكن إستخدام بلاطات بأبعاد ٢٠ x ٢٠ x مسم أو x ٣٠ x ٦٠ سم مع عمل اعتبارات لفواصل التركيب واللحامات في أطراف البلاطات بعمل تجويف ولسان بالتبادل كالموضح في الشكل (٢٠-١).



01-1



شكل (١-١) تصميمات مقترحة لبلاطات خرسانية سابقة الصب

## ١-٤-٥-٣ تصنيع البلاطات والبلوكات

يتم تصنيع البلاطات الخرسانية سابقة التجهيز حسب الأبعاد التصميمية الموضحة بالبند (١-٤-٥-٢) والتفصيلات بالشكلين (١-١) ، (١-٠٢) ويتم التصنيع إما يدويا أو ميكانيكيا.

ففى حالة التصنيع اليدوى يتم عمل فرم أو قوالب حديدية بذات الأبعاد التصميمية للبلاطات المراد تصنيعها ويتم تجهيز الساحات اللازمة للتصنيع والتخزين وذلك بتسوية مساحات بمسطحات مناسبة لكمية البلاطات المراد تصنيعها ومعدلات التصنيع والسحب من المخزون للتركيب مع مراعاة تظليل هذه الساحات بمظلات لحماية البلاطات المصنعة من الشمس.

وتخضع عملية إعداد خلطة الخرسانة للقواعد والأسس الواردة بالبند (١-٤-١-٣) ويتم الخلط بإستخدام خلاطة متحركة ويتم إستخدام عمالة ماهرة لتسوية أسطح البلاطات المصنعة تماما قبل رفع قالب التصنيع عنها ويجب أن تتم هذه العملية بعناية فائقة وحرص حفاظا على أحرف البلاطات المصنعة ضمانا لسلامة الإستخدام والتركيب ، مع مراعاة رش البلاطات المصنعة بالمياه رشا خفيفا لفترة ثلاثة أيام أو رشها بمحلول معالجة الخرسانة بعد تمام التصنيع بفترة نصف ساعة.

ومن المفضل أن يقتصر إستخدام التصنيع اليدوى للبلاطات ذات الأبعاد الصغيرة كالوارد ذكرها بالبند (١-٤-٥-٢) أ.

وفى حالة التصنيع الميكانيكى يتم إستخدام معدات تصنيع أوتوماتيكية مصممه خصيصا لإنتاج البلاطات والبلوكات الخرسانية سابقة التجهيز ومزودة بفرم وقوالب بالمواصفات والأبعاد التصميمية المطلوبة ، ويتم تزويدها بمخلوط الخرسانة بواسطة سيور ناقلة ويتم إعداد موقع التصنيع بنفس المواصفات بالبند السابق كما يتم معالجة البلاطات المصنعة بنفس الأسلوب.

## ١-٤-٥-٤ طرق التركيب

- تحتاج عملية تركيب البلاطات الخرسانية سابقة التجهيز لعدد كبير من العمالة اليدوية بدءا من تحميل جرارات النقل بالبلاطات المصنعة في ورشة التصنيع ثم تفريغ الجرارات بمواقع التركيب والإنزال والمناولة لفرق التركيب ثم العمالة اللازمة لتقفيل الفواصل بين البلاطات بالمونة الأسمنتية أو البيتومين المطاطى وهذه المراحل المتعاقبة التي تتم بالعمالة اليدوية تجعل هذا النوع من التبطين بطيئا للغاية في التنفيذ وبالتالى فإن التكلفة تعتبر عالية نسبيا.
- وعند تركيب البلاطات أبعاد ٢٥ × ٢٥ سم المنوه عنها بالبند (١-٤-٥-٢) أ فإن أحرفها التى تشكل فاصلا مفتوحا (تجويفا) كالموضح بالشكل (١-٩) تؤدى إلى إمكانية وضع أسياخ حديد تسليح بقطر ٤ مم في هذا التجويف ثم يملأ التجويف بمونة الأسمنت أو البيتومين المطاطى وبهذه الطريقة يمكن الحصول على بلاطة خرسانية بتسليح شبكي على أبعاد ٢٥ × ٥٠ ، ٥٠ × ٥٠ ، ٥٠ × ٥٠ من المربة و الاحتياجات الإنشائية = وعند التركيب يتم عمل تجويف خاص (فاصل) في الإتجاه الطولى عند إلتقاء الميل الجانبي للترعة مع خط القاع = كما يتم عمل فواصل عرضية بعرض ١٧ مم تملأ بالبيتومين المطاطى وذلك كل ٤ متر لحماية التبطين من الشروخ التي تتج من الحركة بالتمدد الحراري والهبوط.
- عند تركيب البلاطات بالأبعاد ١٢٠ x ١٨٠ x م م يكتفى بإستخدامها فى تبطين الميول الجانبية لقطاع الترعة مع تسليحها بأسياخ قطر ١٠٠ مم فى الضلعين الرئيسيين للبلاطة ، وعلى أن يتم صب

- تبطين القاع بخرسانة تصب في الموقع مع عمل أكتاف لتحميل بلاطات الميول الجانبية عليها مع ملء الفواصل بالبيتومين المطاطي.
- وفى حالة التبطين للميول الجانبية والقاع بالبلاطات المنوه عنها بالبند (١-٤-٥-٢) ب بأبعاد مدر وفى حالة التبطين المروضين المروضين المروضين المروضين المروضين المروضين المروضين المروضين المروب بالبند السابق وأيضا بالنسبة لبلاطة تبطين القاع.

1- التبطين الغشائى المكشوف للأسطح Exposed Surface Membrane Lining يمكن إستخدام رقائق غشاء البلاستيك والمطاط الصناعى والرقائق الأسفلتية سابقة التجهيز أو الأسفلت المرشوش على الساخن وذلك كتبطين مكشوف لمجارى الرى خاصة ذات القطاعات الصغيرة. ولكل من هذه الأنواع من الأغشية الخواص والمواصفات الفنية الخاصة بها وطرق التركيب المناسبة لها. ولعل أبرز عيوب إستخدام هذه الأغشية في التبطين المكشوف هو تلفها نتيجة التعرض للعوامل البيئية كأشعة الشمس والإشعاعات الحرارية المصاحبة في المناطق الحارة وأيضا تعرضها للقوارض.

## ١-٥-١ التبطين بغشاء أسفلتي Asphalt Membrane

ويندرج تحت التبطين بالغشاء الأسفلتي نوعان التبطين بغشاء الأسفلت بالرش والتبطين بغشاء الأسفلت سابق التجهيز

## ١-٥-١ التبطين بغشاء الأسفلت بالرش

ويستخدم فيه خليط الخرسانة الأسفاتية على الساخن إذ يتم إستخدام خلطة الخرسانة بعد إعدادها وفقا للإشتر اطات والمواصفات الواردة بالبند (1-3-7-3) بوضعها بالرش على سطح قطاع الترعة (الميول الجانبية و القاع) من خلال رشاشات ذات ثقوب وفوهات تعمل تحت ضغط 7,0 كجم / سم .

وتستخدم لذلك الرشاشات اليدوية أو القضبان ذات ثقوب الضخ المتعددة المحمولة على الموزعات.

وتستخدم الرشاشات اليدوية في ظروف محدودة تتحصر في العمليات الصغيرة إنما السائد الآن إستخدام قضبان الرش الطويلة التي تمتد بطول الميول الداخلية لقطاع الترعة أو قاعها ، وقضبان الرش تحمل يدويا عند النهايات ولكن من المفضل تحميلها على كابلات شدادة أو ربطها مباشرة بجهاز التوزيع لضمان الإحتفاظ بمسافة ثابتة مع سطح التربة الذي يتم رش الخرسانة الأسفلتية عليه وإستخدام قضبان رشاشات التوزيع بهذه الطريقة يعطى كثافة وسمكاً لطبقة غشاء الخرسانة الأسفلتية وعادة ما يكون سمك الغشاء الأسفلتي نحو 0,0 مم وذلك يتم بكثافة رش 0,1 وفي حالات قطاعات التر ع الكبيرة يلزم زيادة سمك الغشاء الأسفلت إلى 0,0 لتر 0,1 مم وذلك يتحقق برفع كثافة رش الأسفلت إلى 0,0 لتر 0,1

## ١-٥-١-٢ التبطين بغشاء الأسفلت سابق التجهيز

يستخدم غشاء الأسفلت سابق التجهيز في تبطين الترع ذات القطاعات الصغيرة أو الترع الكبيرة لمسافات محدودة حيث أن إستخدام غشاء الأسفلت الساخن بالرش يحتاج لعمالة على مستوى عال من التدريب ومعدات متخصصة.

## تصنيع الغشاء الأسفلتي والسمك القياسي

يتم تصنيع رقائق غشاء الأسفلت سابقة التجهيز بالأبعاد والأسماك المطلوبة والمحددة في التصميم ، وإن كان من المتبع تصنيع هذه الرقائق وفق أحد هذه المقاسات والأبعاد.

- عرض ٨٥ سم وطول ١٥٠ سم وبسمك ٢,٥ سم.
- عرض ۹۰ ۱۲۰ سم وبطول ۷٫۵ متر وسمك ۱,۲۵ سم.

ويجب مراعاة أن تتوافق هذه الأبعاد مع أبعاد قطاع الترعة المطلوب تبطينها لتنسيق فواصل التركيب واللحامات بين رقائق الغشاء «كما يراعى فى تصنيعها وإعدادها أخذ الإحتياطات اللازمة لضمان كتامتها للمياه ومتانتها بأن تكون الخرسانة الأسفلتية كثيفة مدموكة وأيضا تكون الأغشية المصنعة قابلة لنقلها لمسافات طويلة «ويمكن تخزينها فى درجات حرارة عالية نسبيا.

ويتم تصنيع هذه الرقائق (الأغشية) بتشكيلها من الأسفلت المقذوف بالحفاز Catalically blown على المواح من ورق الكرافت الثقيلة إلا أنه تلاحظ أن هذه الرقائق المصنعة بهذا الأسلوب تعرضت لبعض المشاكل في عمليات النقل و المناولة إذ يتعرض الأسفلت في الجو شديد الحرارة للسيولة مما يؤدي إلى التصاق اللفات ببعضها بينما في الجو شديد البرودة يصبح الأسفلت هشا وقصفا وبالتالي فإن فرد لفات الأغشية بسرعة يعرضها للكسر.

ولتجنب هذه الظروف فقد تم تطوير رقائق الأسفات سابقة التجهيز بتسليحها بألياف زجاجية وهذا النوع أعطى نتائج طيبة وتعرف هذه الرقائق بالهيبوفورز.

### طريقة التركيب والفواصل

يتم تركيب رقائق الأسفات سابقة التجهيز برصها مع عمل الفواصل بين الرقائق وملء هذه الفواصل بمونة الأسمنت والأسفات والتي تشكل فواصل تناكبية Butt joints ، وقد لوحظ أن حشو الأسفات للفواصل التي تعلو منسوب المياه تتعرض للتلف لإستمر ارها جافة وصلبة بينما تستمر الفواصل المغمورة تحت سطح المياه بحالة جيدة.

### إحتياطات الحماية

من أهم الإحتياطات اللازم أخذها في الإعتبار لحماية التبطين برقائق الأسفلت سابقة التجهيز ضمان أن تكون التربة الحاملة للتبطين صلبة مستقرة تنطبق عليها الإشتراطات الخاصة بذلك والمتضمنة بالبند (١-٤-١-٢) كما يجب التأكد من خلو التربة الحاملة للتبطين من الأعشاب أو إحتمالات نموها مستقبلا ولتحقيق ذلك تنفذ الإشتراطات الواردة بالبند (١-٤-٢-١).

## ١-٥-١ التبطين بألواح غشاء بلاستيكية ورقائق المطاط الصناعي

بدأ استخدام رقائق البلاستيك في أعمال تبطين مجارى الرى في أو ائل الخمسينات باستخدام رقائق البولى اليثلين البلاستيك ثم بعد فترة استخدمت رقائق كلوريد البولى فينيل (بي في سي - PVC). وتطورت التجارب في هذا المجال إلى تجربة استخدام رقائق الألياف الزجاجية المغطاة (المدهونة) بالبيوتيل Butyl coated fiber glass والتي أعطت نتائج أفضل من رقائق (غشاء) البلاستيك.

وعند إستخدام هذه الرقائق فى تبطين مجارى الرى كغشاء مكشوف يلزم إختيار النوع الذى لا يتأثر بضوء الشمس أو الإشعاع الحرارى ، ولهذا كانت أنسب هذه الرقائق تلك المصنعة من البولى إيثيلين عالى الكثافة HDPE .

## ١-٢-٥ مواصفات غشاء البلاستيك والسمك

يلزم أن تتطابق خصائص ومواصفات رقائق البولى إيثيلين والبلاستيك المستخدم فى تبطين مجارى الرى بصورة مكشوفة غير مغطاة أو مدفونة مع عناصر المواصفات التى تضمن على وجه الخصوص قدرتها على عدم التأثر بضوء الشمس أو الإشعاع الحرارى ، وأن يكون سمكها كافيا لمقاومة الصدمات وأن

يكون مناسبا لمقاومة التشقق والتمزق والإختراق ولهذا يفضل إستخدام البولى إيثيلين عالى الكثافة HDPE

ومن الضرورى إجراء الإختبارات المعملية اللازمة للتحقق من مطابقة رقائق البلاستيك لعناصر المواصفات الأمريكية القياسية ASTM أو ما يوازيها قبل إعتماد إستخدامها خاصة مقاومة التمزق والإختراق وقوة الشد عند الكسر وعند الخضوع كما هو موضح في الجدول (١-٦).

جدول (١-٦) مواصفات رقائق (أغشية) البولى إيثيلين

القيمة الأسمية	الخاصية
۲ - ۱	السمك مم
٠,٩٤	الكثافة جم / سمّ
	مواصفات الشد في الإتجاهين
٤١ - ٢٨	قوة الشد عند الكسر نيوتن
Y7 _ 1Y	قوة الشد عند الخضوع نيوتن / مم
% Y · ·	الإستطالة عند الكسر %
۲۰۰ - ۱۳۳	مقاومة التمزق نيوتن
T07 _ 7T1	مقاومة الإختراق
% r - r	نسبة الكربون الأسود
% ۲ ±	نسبة ثبات الأبعاد في كل إتجاه %
○ • • ≤	مقاومة إجهادات الشروخ في البيئة %
YY _	أقل درجة حرارة تؤدى للقصف °م
١	تأثير الأكسدة مع الوقت دقيقة
لا شروخ	مقاومة الأوزون
•,1≥	نسبة إمتصاص الماء % من الوزن
•,1≥	كمية التطاير بالبخر جم / م م / اليوم
1 - ≥	درجة السيولة جم / ١٠ دقائق

# ١-٥-٢ طريقة التركيب والتثبيت

تورد رقائق البلاستيك في لفات (رولات) بعرض يتراوح من ١,٥ متر حتى ٤ متر وبأطوال تتراوح ما بين ٤٠ متر ، وللتركيب يتم فرد رول رقائق البلاستيك على قطاع المجرى المائى على الميول الجانبية والقاع مع مراعاة وجود ركوب بين رقائق اللفات ما بين ١٠ - ١٥ سم مع لصق الرقائق في

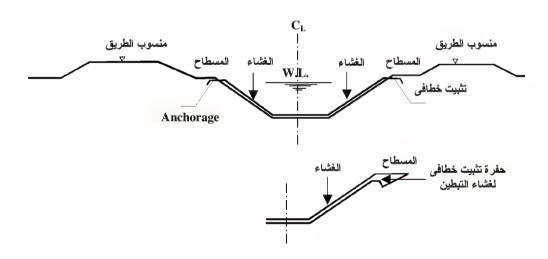
مسافة الركوب بمادة لاصقة مناسبة لضمان إستمر ارية تغطية الغشاء لقطاع المجرى وضمان كتامة الغشاء للمياه بكامل سطحه المبطن لقطاع المجرى.

ولضمان ثبات رقائق البلاستيك عند فرده على سطح قطاع المجرى المائى فيلزم تثبيته من أعلا عند بداية الميل الجانبى للترعة بعد ركوب خطافى Anchorage وتثبيته فى التربة الحاملة لنسيج التبطين كالموضح بالشكل (١-٢١).

# ١-٥-٢- عيوب إستخدام البلاستيك في التبطين المكشوف

بالرغم من أن رقائق البلاستيك من العناصر الناجحة في معالجة التسرب في الترع و المساقي و تعمل على رفع كفاءة التبطين إلا أن التقارير الميدانية في در اسة و تسجيل مدى كفاءة إستخدام هذه الرقائق في التبطين المكشوف قد سجلت أن لهذا النوع من التبطين بعض العيوب التي تؤثر في فاعليته وبالتالي تعمل على التقليل من فترة صلاحيته و تتلخص هذه العيوب في الآتي :

- سهولة تعرض اللفات للعوامل البيئية التي تفسدها كتعرضها لضوء الشمس أو الإشعاعات الحرارية مما يؤثر على خواص النسيج ويضعف مقاومته.
- سهولة تعرض الرقائق للقو آرض أو التعامل معها بسلاح مما يترتب عليه تلفها وبالتالي تفقد فاعليتها في معالجة التسرب.
- صعوبة وتعذر تشغيل آلات ومعدات تطهير الترع في وجود تبطين المجرى بهذه الرقائق المكشوفة.



شكل (١-١) تثبيت غشاء التبطين البلاستيك

# ١-٦ التبطين بألواح غشائية مدفونة Buried Membrane Lining

التبطين بألواح غشائية مدفونة (مغطاة) يتكون من عنصرين أولهما ألواح رقيقة كتيمة حاجزة للمياه تغطى بطبقة من مادة حامية لها يشكلان في النهاية أبعاد القطاع المائي للترعة.

الألواح الغشائية المستخدمة في التبطين هي:

- الغشاء الأسفلتي المرشوش.
- ألواح الغشاء الأسفلتي سابقة التجهيز.
  - الطبقات الرقيقة من البينتونيت.
- غشاء البلاستيك والمطاط الصناعي.

وتفرد هذه الأغشية على ميول وقاع الترعة لمقاومة تسرب المياه من المجرى المائى ويتم تغطيتها لحمايتها من العوامل البيئية التى تعمل على تلفها ، وأيضا حمايتها من أضرار تيارات المياه الدوامية والحماية من إحتمالات نمو جذور الأعشاب الضارة أو تأثير معدات وآلات تطهير المجرى المائى. وقد برزت الحاجة لمواد التغطية الواقية منذ بداية إستخدام هذه الألواح الغشائية حيث وضحت عدم قدرتها على مقاومة مخاطر البيئة والإستخدامات. وغالبا تستخدم الأتربة والركام (الزلط) كمادة تغطية (وقاية) للألواح الغشائية المدفونة المستخدمة في التبطين.

## ١-٦-١ إعتبارات التصميم

تؤخذ فى الإعتبار عناصر هامة مؤثرة فى تصميم التبطين بألواح غشائية مدفونة وذلك بالنسبة لتصميم قطاع الترعة وحساب سرعة التيار وقوة الجر الناتجة المؤثرة على نحر مواد التغطية ومواصفات وأسس إستخدام مواد التغطية والإحتياطات الأخرى التى تؤخذ فى الإعتبار لضمان سلامة التبطين بهذا الأسلوب ونجاحه.

## ١-٦-١ قطاع الترعة

الألواح الغشائية المدفونة المستخدمة في تبطين الترع والمجارى المائية يجب أن تكون كتيمة تماما للمياه ويلزم فردها على كامل قطاع الترعة (الميول والقاع) بعناية تامة ويتوقف عمرها الإفتر اضى بالدرجة الأولى على نوعية مواد التغطية وكفاءتها وقدرتها على حماية رقائق الغشاء من التأثيرات الجوية ونحر المياه والتلف بالعوامل البيئية الأخرى.

وحيث أن الأتربة تمثل أقل مواد التغطية تكلفة فإن ذلك يعزز إستخدامها في إنشاء طبقة التغطية. ولتحقيق الحماية اللازمة لضمان سلامة غشاء التبطين يلزم مراعاة أن يكون قطاع المجرى المكون من الغشاء وطبقة التغطية متوازنا لضمان عدم حدوث نحر أو إنز لاق فيه. وللوصول لهذا القطاع المتوازن يلزم ضمان أن تكون جسور الترعة مستقرة ويلزم تنفيذ ذلك حتى في حالة عمل طبقة التغطية من تربة غير مضغوطة الأمر الذي يساعد على تشبعها بالمياه المنطلقة بالترعة ويحملها غشاء التبطين الذي يخلق سطحا ضعيفا في تحمل قوة القص وفي ذات الوقت تربة أساس قد تكون مبتلة أو جافة.

وبالنسبة للميول الجانبية لقطاع المجرى فليس هناك ميل يتناسب مع كل أنواع تربة الأساس وطبقة التغطية إلا أنه وجد أن الميول ١/٢ تكون مناسبة لأغلب الحالات وهذا أقصى ميل مطلوب ومناسب لغشاء الأسفلت أو البلاستيك وقد يكون من المناسب إستخدام ميل أكثر إنبساطا من ذلك لنفس هذه الأنواع من الأغشية إذا ما كانت طبقة التغطية من تربة غير مستقرة كالرمال سيئة التدرج والركام الرفيع.

وبالإضافة إلى الإستقرار الإستاتيكي المطلوب فإن قطاع المجرى المائي يلزم أن يكون قادرا على مقاومة نحر المياه المنطلقة ويلزم الرجوع إلى معادلات تصميم قطاعات الترع والعناصر المؤثرة في ذلك الواردة في البند (١-٢) وأجزائه.

## ١-٦-١-٢ السرعات وقوة الجر المؤثرة على نحر مواد التغطية

السرعات المسموح بها في الترع غير المبطنة (الترابية) أو تلك المبطنة بمواد سهلة التآكل تتحدد على أساس مقاومة النحر للتربة أو مواد تبطين الترعة. ويمكن حساب إجهادات القص على قاع الترعة الناتجة من حركة المياه في حالة ترعة لا نهائية الإتساع من المعادلة

$$\tau_0 = \gamma \,\mathrm{d}\,\mathrm{S}$$
 .....(1 - 20)

حيث

وربع القص على قاع الترعة  $au_0$  الورن النوعى للمياه  $au_0$  المياه المياه  $au_0$  المياه بالترعة  $au_0$  المياه بالترعة  $au_0$  المياه المي

وفى حالة قطاعات الترع بشكل شبه منحرف فإن إجهادات القص (قوة الجر لوحدة المساحات من سطح الترعة) على جوانب الترعة تختلف عنها على القاع وتعطى المعادلة (١-٢٠) إجهاد القص المتوسط على المحيط المغمور للقطاع بإستبدال عمق المياه (d) بنصف القطر الهيدروليكي للقطاع (R).

و لا شك أن حبيبات التربة على الميول الجانبية للترعة تميل إلى الإنز لاق لأسفل وأن التأثير المشترك لهذه الظاهرة مع قوى الجر (المنوه عنها سابقا) والتى تعمل على حبيبات القاع والميول الجانبية تجعل قابلية النحر للميول الجانبية تزيد عن قابلية مواد القاع.

وقد أجريت التجارب ورصدت المعلومات لتحديد قوة الجر اللازمة لبدء تحريك الأحجام المختلفة من التربة الرملية أو الركامية غير المتماسكة وهذه القدوى تعرف بقدوى الجر الحرجة التربة Critical tractive force ولقد أجريت الدراسات والتجارب لتحديد قوى الجر الحرجة لأنواع التربة المختلفة منتظمة الحبيبات غير المتماسكة Non cohesive وأيضا من مواد متماسكة Cohesive أو خليط منهما وذلك لأخذها في الإعتبار عند التصميم.

### ١-٦-١ مواصفات مواد التغطية

تعتبر مرحلة تنفيذ طبقة التغطية بعمليات تبطين الترع بأغشية مدفونة (مغطاة) بدءا من الحفر والنقل حتى وضع الطبقة فوق غشاء التبطين هي أكثر المراحل تكلفة. ولهذا فمن المفضل أن تكون المواد (التربة) المستخدمة قريبة ما أمكن من موقع المشروع ويراعى فردها ووضعها فوق غشاء التبطين بطبقة ذات سمك كاف لحماية الغشاء.

ويؤخذ أقل سمك آمن لطبقة الحماية مساويا ١ / ١٢ عمق المياه بالترعة بالبوصة مضافا إليه = ١ وهذا السمك المشار إليه يستخدم فقط في حالة أن تكون طبقة التغطية من تربة متو ازنة لمقاومة النحر. وفي حالة أن تكون المواد (التربة) المحلية بالموقع ناعمة التدرج وغير متماسكة سيكون من الضروري إستخدام سمك أكبر لطبقة التغطية كما يلزم إضافة حماية زلطية ويلزم عمل تحليل إقتصادي لإستخدام الغطاء الزلطي (الركامي) مع قطاع صغير مقارنا بقطاع أكبر بإستخدام التغطية من مادة أقل تماسكا. وسمك طبقة التغطية الموضح يتوقف على ثبات الميول الجانبية لقطاع الترعة. وأيضا على نوعية معدات التطهير المناسبة للإستخدام ودرجة إنكسار الموجات المتوقعة على سطح الميول الجانبية وأيضا النحر خاصة عند المنحنيات ومواقع منشآت الأعمال الصناعية.

ويؤخذ في الإعتبار أن الإنخفاض السريع في منسوب المياه بالترع المبطنة بالغشاء يعمل على إنز لاق طبقة التغطية إلى أسفل الميل ولهذا يفضل تجنب التنبذب (التغير) السريع في مناسيب الترعة ، وإذا كان هذا غير متاح عمليا لظروف وأسباب فنية في إدارة وتشغيل المجرى المائي ، فإنه في هذه الحالة ينصح بإختيار ميل منبسط لقطاع المجرى وأيضا إتباع الدقة في إختيار مواد تربة التغطية وإستبعاد التربة ذات الذرات الدقيقة التي يسهل إنز لاقها مع حركة المياه بالترعة.

وفى الترع الكبيرة فإن الأمواج الناتجة من تأثير حركة الرياح تتسبب فى نحر المواد الترابية لقطاع الترعة عند خط المياه ، وبينما هذه الظاهرة ليست ذات تأثير كبير فى الترع غير المبطنة إلا أنها قد تتسبب فى إنهيار تربة مادة التغطية فى حالة الترع المبطنة بالغشاء.

ويتم أحيانا عمل منطقة شاطئية Beach على هيئة مسطاح للترعة من تربة زلطية لزيادة الأمان عند نقط التغطية الحرجة وتكون الترعة عرضة لنزول الحيوانات بها و إفساد و إز الة طبقة التغطية بها ما لم يتم عمل أسوار كافية لمنعها حيث ستخترق حوافرها طبقة التغطية اللينة نتيجة التشبع بالمياه سواء تلك على الميول أو القاع.

وعند إستخدام تكسيات بكسر الأحجار الريبراب Riprap عند مواقع الأعمال الصناعية فإنه يلزم زيادة سمك طبقة التغطية لزيادة حماية الغشاء وهذا السمك الزائد يجب أن يمتد لمسافة خلف العمل الصناعى D.S تساوى على الأقل ضعف مسافة إستخدام الريبراب للسماح بوضع ريبراب في حالة حدوث نحر جديد.

ويوضح الشكل (١-٢٢) تفاصيل تركيب غشاء التبطين المدفون.

## ١-٦-٦ التبطين بغشاء أسفلتي مدفون

#### ١-٣-٦-١ المواصفات والسمك

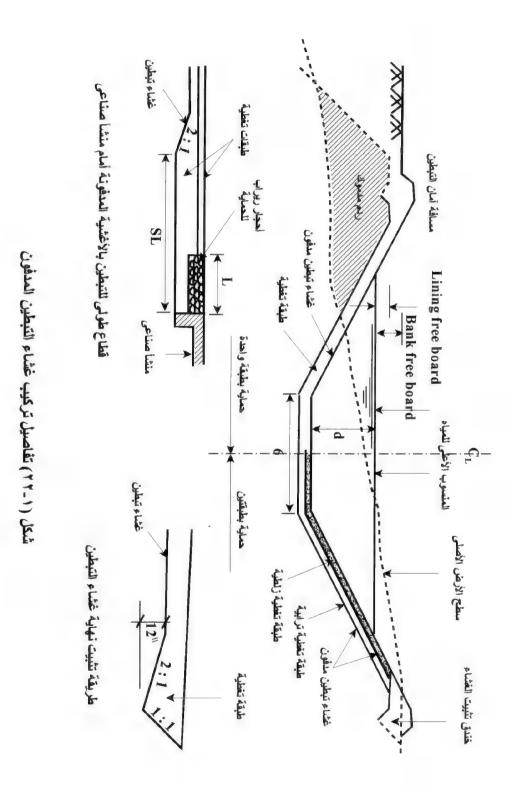
يتكون هذا النوع من التبطين من غشاء أسفلتى بسمك 0 مم مكون من أسفلت ذى درجة ليونة عالية ويراعى مطابقته للمواصفات الواردة بالبند (1-3-7-3) ويرش الأسفلت بالموقع وهو عند درجة حرارة عالية 0.00 م) ويتم الرش على سطح تربة القطاع المجهزة لذلك لتكوين طبقة كتيمة مانعة لتسرب المياه. ويتم حماية غشاء الأسفلت بطبقة حماية من التربة والركام وأحيانا يتم عمل طبقة الحماية من الخرسانة المقذوفة (الشوتكريت) أو مكدام الأسفلت.

ويرجع فى المواصفات الخاصة بسمك الغشاء وكثافة رش الأسفلت / م (الإعطاء السمك المطلوب) وضغط التشغيل المناسب للرشاشات (اعطاء كثافة منتظمة) إلى ما ورد بالبند (١-٥-١-١).

ويلزم مراعاة ضرورة أن تخضع مادة الأسفلت للإختبارات المعملية التي تضمن تطابق مواصفاتها مع المواصفات القياسية وينص في بعض العمليات على خضوع الأسفلت المنطلق من الرشاشات عند الإستخدام الفعلى لنفس الإختبارات.

## ١-٣-٦ تجهيز التربة الحاملة للتبطين

يلزم حفر قطاع الترعة على المناسيب المطلوبة التى تحقق أبعاد القطاع المائى التصميمى للترعة مع مراعاة إضافة مقابل سمك طبقة التغطية قبل وضع غشاء التبطين وفى حالة إنبساط الميول الجانبية أو الحفر أكثر من المقرر فإنه يلزم تصحيح ذلك بإضافة رمل مثبت بالأسمنت بواقع ١٠٠ كيلوجرام أسمنت للمتر المكعب رمل حتى الوصول إلى المناسيب المقررة والمطلوبة ويلزم أن يكون سطح تربة القطاع Subgrade مستويا جاهزا لإستقبال عمليات التبطين بالغشاء ، وأن تكون التربة ثابتة مستقرة تنطبق عليها الشروط والمواصفات الواردة بالبند (١-٤-٢-١) ويلزم أيضا إتخاذ خطوات وإحتياطات ضمان منع نمو الأعشاب.



#### ١-٦-٣-٣ طرق التنفيذ والمعدات

يتم رش غشاء الأسفلت طبقا للمواصفات بالبند (١-٥-١-١) وذلك وفقا لطرق الأداء والمعدات المنصوص عليها ويلزم التأكد من ضغط تشغيل الرشاشات المقرر لضمان الرش بالكثافة النمطية المقررة وهو ٣,٥ كجم /سم سواء عند إستخدام الجهاز ذي الثقوب والفوهات التي تعمل تحت هذا الضغط Slot spray nozzle أو إستخدام الرشاشات الدوية أو القضبان ذات ثقوب الضغ المتعددة Multiple spray bars

## ١-٦-٦ وضع طبقة الغطاء

يصل الأسفات الساخن المرشوش لحالة البرودة خلال فترة زمنية قصيرة ويكون جاهزا لإستقبال مادة طبقة التغطية ، وخلال فترة وجيزة فإن السطح يسمح بسير وحركة عمالة فرد مادة التغطية ومع إمكانية إستخدام مواد أخرى متعددة في عملية التغطية فإن إستخدام الأتربة أو خليط من الأتربة والزلط هو الأكثر شيوعا لأسباب إقتصادية ، ويلزم إخضاع الأتربة والزلط المستخدمة في مادة غطاء الغشاء لتجارب تحديد تطابقها لإشتراطات وإحتياجات التصميم للتدرج والنوع والسمك.

وقد يتعرض غشاء التبطين الأسفاتي للتلف الذي ينتج عنه إرتشاح ونفاذ المياه نتيجة الطريقة غير المناسبة التي قد تتبع في التنفيذ أو إختيار مواد التغطية «حيث أن الإهمال أو عدم الحرص عند وضع وفرد مواد التغطية التي بها أحجار كبيرة الأقطار نوعا ومسننة الأطراف يتسبب في خرق وتمزيق الغشاء الأسفلتي.

## ١-٦-١ التبطين بغشاء أسفلتي سابق التجهيز (مدفون)

#### ١-٢-٤-١ الإستخدام والسمك

يستخدم غشاء بلاطات الأسفلت سابقة التجهيز لتبطين الترع ذات القطاعات الصغيرة أو الترع الكبيرة لمسافات محدودة حيث أن إستخدام الأسفلت الساخن بالرش يحتاج لعمالة على مستوى فنى عال وأيضا معدات متخصصة.

ومن المتبع عمل هذا الغشاء سابق التجهيز بسمك يتراوح ما بين  $^{7}$  -  $^{7}$  ملليمترات  $^{7}$  -  $^{7}$  -  $^{7}$  وفقا لإحتياجات التصميم ليكون في حيز النقل والمناولة والفرد بذات طريقة لفائف عزل أسقف المبانى مع إعتبار ركوب مناسب بين اللفائف ومعالجة فواصل التركيب بمونة الأسمنت.

وفى تطوير لغشاء الأسفلت سابق التجهيز المستخدم فى التبطين فقد إستخدمت الحصائر الرقيقة المسلحة بالألياف الزجاجية بعد دهانها بالأسفلت المقذوف ، وقد أعطى التبطين بهذا النوع مزايا عديدة منها المتانة وسهولة النقل والمناولة وإن كان مرتفع التكاليف عن النوع المعتاد.

## ١-٦-٤-٢ تجهيز التربة الحاملة للتبطين وإختيار ووضع طبقة الغطاء

تخضع مواصفات وطرق تجهيز التربة الحاملة للتبطين بالغشاء الأسفلتي سابق التجهيز لنفس المواصفات وطرق الأداء المنصوص عنها بالبند (١-٦-٣-٢) في تجهيز التربة الحاملة للتبطين بالغشاء الأسفلتي المرشوش وأيضا بالنسبة لإختيار ووضع طبقة التغطية فإنه يتبع فيها ما ورد بالبند (١-٦-٣-٤).

وقد أجريت تجارب متعددة لإستخدام مواد تغطية أخرى بخلاف التربة والزلط رؤى أنها مناسبة فنيا وإن كانت أعلى منها تكلفة وهي :

- التغطية بطبقة من الخرسانة المقذوفة (الشوتكريت).
  - التغطية بطبقة من مكدام الأسفلت.

#### ويراعى عند تنفيذهما الإعتبارات الآتية:

- يتم عمل طبقة التغطية من خرسانة الشوتكريت بسمك ٢٠ مم ومن المفضل رش غشاء الأسفلت سواء الذي تم بالرش أو سابق التجهيز بطبقة لصق من MC-O مباشرة قبل إستخدام المادتين. ويراعي عند تنفيذ طبقة التغطية من الخرسانة المقذوفة أن تتطابق المواصفات من حيث مكونات الخلطة ومواصفات المواد المكونة وطرق الصب ومعدات الخلط والصب مع ما ورد بهذا الخصوص بالبند (١-٤-٤).
- ب- يتم عمل طبقة الحماية لغشاء الأسفلت أيضا من مكدام الأسفلت وله ذات المزايا لطبقة التغطية بالخرسانة المقذوفة حيث أن كلاهما يعمل على تقليل سمك طبقة التغطية عما في حالة عملها من الأتربة والزلط كما يقلل الحاجة إلى الحفر الزائد ويتم التنفيذ وفق المواصفات الواردة بالبند (١-٤-٣-١) الخاص بخلطة التبطين بمكدام الأسفلت والبند (١-٤-٣-١) الخاص بطرق التنفيذ.

### ١-٦-٥ التبطين بغشاء البنتونيت

### ١-٥-٦ المواصفات والخواص الطبيعية

يعرف البنتونيت بأنه من أنواع التربة التى تتكون من نسبة كبيرة من الطين الذى يغلب فى تكوينه الصوديوم المونتيموريللونيت والتى تتميز بقابليتها لإمتصاص المياه بنسبة عالية مصحوبة بالإنتفاخ كما تتميز بأنها كتيمة للمياه (لا تسمح بتسرب المياه) وغير سهلة الإنزلاق ولها فائدة عالية فى التحكم فى عملية تسرب المياه فى حالة إستخدامها فى تبطين الترع.

وتتفاوت خواص البنتونيت تفاوتا كبير احسب مصدره ومكونات طين المونتمور يللونيت فيه. و لإعتبارات هندسية و إستخدامات إنشائية فقد تم تقسيم البنتونيت إلى قسمين رئيسين على أساس خاصية الإنتفاخ:

- بنتونيت "وايومنج" عالى الإنتفاخ المكون من طين مونتموريللونيت (صوديومي) ذو القدرة الكبيرة على إمتصاص المياه.
  - بنتونيت من تربة طينية مونتموريللونيت (كالسيومي) ذات قابلية أقل للإنتفاخ و إمتصاص المياه.

وفى حالة إستخدام طين البنتونيت ذى درجة الإنتفاخ الأقل فى أعمال تبطين الترع فإنه يلزم إستخدام كميات أكبر من تلك المستخدمة من النوع الأول (بنتونيت وايومنج).

والبنتونيت ذو الحبيبات الناعمة هو الأكثر مناسبة لعمل غشاء التبطين للترع ويمكن إستخدام البنتونيت ذى الحبيبات الخشنة أو تلك المكونة من الرسوبيات إذا كان تدرج حبيباته مناسباً بالإضافة إلى أن كميات أكبر ستكون مطلوبة من المادة فى التنفيذ للوصول إلى نتائج مشابهة ومساوية لتلك الناتجة من إستخدام المادة ذات الحبيبات الناعمة.

ويلزم إتخاذ الحذر الكامل للتأكد من عدم تكون أى غشاء هلامى Gel- like membrane فى حالة ويلزم إتخاذ الحدث أنه سوف لا يلتحم مع التربة الخشنة.

#### ١-٥-٦ سمك غشاء البنتونيت وطبقة التغطية

من المتبع عمل غشاء البينتونيت بفرد المادة على كامل تربة القطاع المائى (الميول الجانبية والقاع) وذلك بسمك يتراوح ما بين (٢٥ - ٥٠) مم. ويتأثر تقدير سمك الغشاء بدرجة الرطوبة حيث تعتبر نسبة .٠٠ % نسبة نمطية ويوصى بزيادة سمك الغشاء مع زيادة نسبة الرطوبة عن ٢٠ %.

ويعتبر السمك المناسب لطبقة التغطية فوق غشاء البينتونيت  $^{\circ}$  سم على أن يتم تنفيذها من التربة والزلط مع مراعاة المواصفات والإشتر اطات الواردة بالبند (1-7-7) والبند (1-7-7-2).

## ۱-۷ التبطین الترابی للترع Earth Lining

## ١-٧-١ أنواع تربة التبطين

يدخل ضمن أنواع التبطين الترابى للترع التبطين بالأتربة المدموكة Compacted earth أو الأتربة الطينية والبنتونيت ويتم تثبيت التربة التى تستخدم في عمليات تبطين الترع بالإضافات التي تعمل على تحسين خواص التربة وهذه الإضافات قد تكون كيميائية أو يتم خلط التربة بالأسمنت.

- التبطين الترابى المدموك يكون بسمك يتراوح عادة ما بين ٩٠، ٢,٤ متر في الإتجاه الأفقى على الميول الجانبية لقطاع الترعة بيناما يتراوح ما بين ٩٠، ٢٠، متر في القاع. أما التبطين الأقل سلمكا فيكون بسلمك ما بين ٥٠،١ ٣٠، متار من تاربة مضعوطة متماسكة Compacted cohesive soil على الميول والقاع والذي يفضل حمايته بطبقة من تربة زلطية أو ركامية بسمك من ٥٠،٠ حتى ٩٠،٠ متر.
- التبطين بتربة غير سائبة يتكون من طبقات من تربة منتقاة ناعمة التدرج توضع على الميول والقاع حتى سمك ٣٠٠ متر.
- . يمكن عمل التبطين من خليط التربة الطينية وتربة ركامية (زلطية) أو رملية. وقد أتبع إستخدام البنتونيت في أعمال التبطين في طبقات رقيقة تتغير وفقا لموقع المشروع والمواد المتوفرة وعلى وجه العموم فإنه يحظر إستخدام التربة الطينية القابلة للإنتفاخExpansive clay في أعمال تبطين الترع.
- و أحيانا يتم إستخدام الراتنج Resins والمحاليل الكيميائية للأسفلت « البتروكيماويات والأسمنت والجير في عملية تثبيت التربة المستخدمة في التبطين. وقد أثبتت هذه المواد نجاحا في هذا إلا أنها ما زالت تحت التجربة وتستخدم بمعدلات محدودة. ولقد أثبت التبطين الترابي للترع إقتصادا في تقليل التسرب وثبات قطاع الترعة خاصة إذا كانت التربة المستخدمة متوفرة من ناتج الترعة أو من أماكن قربية.
- و التبطين الترابى المضغوط السميك يعتبر أقل أنواع التبطين الدائم تكلفة خاصة إذا كانت المواد المطلوبة والمناسبة متيسرة على مقربة من موقع المشروع ، وأيضا فإنها تكون قادرة على مقاومة الضاغط الهيدرو ستاتيكي المتوقع الدافع إلى أعلى (Uplift) دون أن يفقد التبطين فاعليته ، ولهذا قد لا نضطر لإنشاء مصارف مدفونة كالموضحة بالبند (١-٤-١-٨) لحماية التبطين من الضغط الإستاتيكي للمياه. ويجب عدم التغاضي عن عمل طبقة حماية للتبطين الترابي من الزلط أو الريبر ابلحماية التبطين ضد النحر علما بأن التبطين المنشأ من تربة سلتيه ورملية مع قليل من الزلط يكون سريع التأثر وعرضة للنحر ، وفي حالة إتباع ذلك فإن قيمة تكلفة تخفيض سرعة المياه من خلال استخدام قطاع أكبر للترعة لتجنب آثار النحر يجب أن يؤخذ في مرحلة التقييم عند دراسة وتحديد إعتبارات تصميم الترعة.

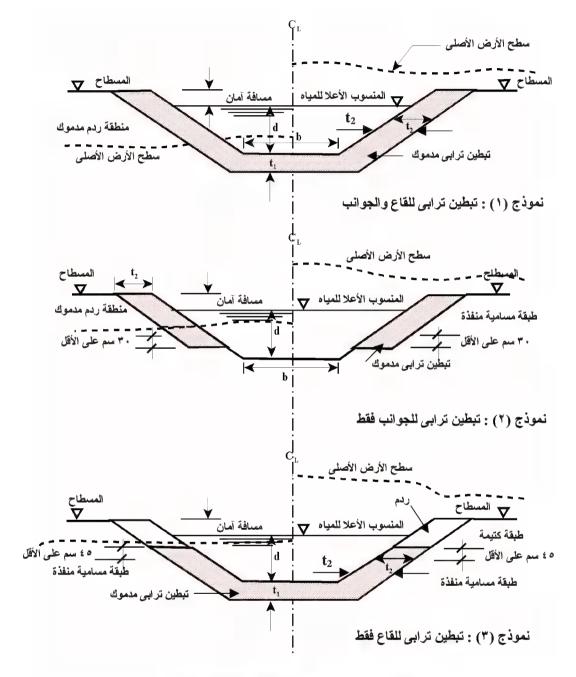
- وفى حالة إستخدام تربة عالية اللدونة فى أعمال التبطين فإنه ينصح بإنبساط الميول الجانبية إلى ١/٢ أو أكثر لإنخفاض الثبات عندما تصل التربة إلى حالة التشبع. وأيضا إذا كانت هذه التربة العالية اللدونة ذات قابلية للإنتفاخ فإنه من السهل أن يتآكل سطحها وبالتالى فإن التبطين بهذه التربة يكون معرضا للفقد ما لم تكن مقواة ومحمية بطبقة من الزلط أو التحكم فى سرعة التيار.
- و تختلف معالجة تربة الأساس Subgrade بغرض التبطين وفقاً للظروف فقد تشمل إستخدام تربة الأساس كجزء من التبطين أو قد تحتاج لزيادة الحفر بما يسمح بوضع طبقة حماية بين تربة الأساس وطبقة التبطين. ويمكن إستخدام التربة الرملية الطميية مثل الراسب الطفالي Loess أحيانا بشرط أن يتم فردها على طبقات منتظمة ودمكها وفي هذه التربة فإن الطبقات الأفقية بالقاع لا يتم حفرها ويكتفي بحرثها بمحراث قرصى Plough ثم دمكها أما الميول الجانبية فيتم أرنكتها (بطريقة غير منظمة) لتكون جاهزة لاستقبال التبطين المضغوط.
- أما في حالة التربة الرملية أو الرملية الزلطية فليس هناك حاجة لمعالجة تربة الأساس حيث أن مواد التبطين سوف لا تندمج أو تفور في فجوات طبقة الأساس أما في حالة وجود فجوات في طبقة الأساس كما يحدث في حالة التربة الزلطية أو من الطبقات الصخرية التي يتم تكسير ها بالآلات فإنه من الضروري زيادة الحفر إلى حد يمكن عليه إنشاء طبقة مرشح من الرمل والزلط وذلك قبل وضع طبقة التبطين.

## ١-٧-١ إعتبارات تصميم القطاع

الأسس العامة التي تؤخذ في الإعتبار عند تصميم وتنفيذ الترع المبطنة ترابيا هي:

- ا. يصل عرض قاع الترعة (b) إلى ثلاثة أمثال عمق القطاع (d) للفروع والثانويات بينما يصل إلى ٨ أمثال العمق في الترع ذات القطاعات الكبيرة.
- ٢. الميول الجانبية في حالة الترع الترابية تصل إلى ٢/٣ وقد تكون أكثر إنبساطا طبقا لمواصفات التربة التي ستستخدم في التبطين في الموقع.
- ٣. سرعة تدفق المياه المسموح بها تختلف وفقا لنوع مواد التبطين وتتراوح هذه السرعة ما بين
   ٣.٠ ١,٢ متر / الثانية.
- 3. يؤخذ معامل الخشونة nلماننج (Manning) ۰،۰۲۰ للفروع الصغيرة التي يقل تصرفها عن  $^7/$  الثانية ويؤخذ  $^7/$ 0،۰۲۰ أو  $^7/$ 0، للترع ذات التصرف الأكبر.
- ٥. يوضح الشكل (١-٢٣) قطاعات نموذجية للتبطين الترابى ويؤخذ سمك التبطين الترابى كالتالى حيث  $(t_1)$  سمك تبطين القاع بينما  $(t_2)$  سمك تبطين الميول الجانبية مأخوذا فى الإتجاه الأفقى وليس عموديا على الميل الجانبي للقطاع.

<b>d</b> (m)	t <sub>1</sub> (m)	t <sub>2</sub> (m)
0.6 max	0.30	0.9
1.2 max	0.45	1.2
1.8 max	0.60	1.8
over 1.8	0.60	2.4



شكل (١-٢٣) قطاعات نمطية للتبطين الترابي

- 1- المواد المكون منها قطاع الترعة المماسة لسطح المياه أعلى منسوب سطح المياه يلزم إختيار ها ذات مواصفات تساعد على الحفاظ على خاصية كتامة المياه وأيضا تكون قادرة على مقاومة النحر في حالة تشغيل الترعة بطاقات أكبر من التصميمية.
- ٢- إرتفاع الجسور عن أعلى منسوب للمياه يؤخذ في المتوسط كحالة الترع غير المبطنة. وفي حالة الترع التي يصل التصرف بها إلى ٢٨ م /ث أو أكثر فإنه يلزم إختيار مسافة الأمان للتبطين بحيث تكون مناسبة لتغطية ظروف الموقع وعلى وجه العموم فإنها تكون نصف مسافة الأمان العام.

### ١-٧-١ التبطين بترية سميكة مدموكة

ثبت من خلال الإستخدامات أن تبطين مجارى الرى بتربة سميكة مدموكة يعتبر أفضل أنواع التبطين الترابى ويتم إنشاء هذا التبطين من تربة مختارة مختبرة غير منفذة للمياه ويتم دمكها بآلات ومعدات ضغط التربة وفقا للمواصفات الفنية سواء للقاع أو الميول الجانبية وذلك على طبقات لا يتعدى سمك الطبقة منها ١٥ سم بعد الدمك والوصول لأعلى كثافة جافة مقررة.

وفى المعتاد تكون هذه الطبقات المتتالية بعرض يتراوح تدريجيا ما بين ٠,٩٠ حتى ٢,٤٠ متر وبهذا يمكن تشكيل الميول الجانبية بحيث يمكن تكييفها وفقا للمواصفات الفنية.

ويستخدم لذلك معدات نقل الأتربة الثقيلة ومجموعة معدات الفرد والضغط ثم معدات الأرنكة للوصول للقطاع المطلوب والسطح المستوى للتبطين علما بأن السمك المعتاد للتبطين يتراوح ما بين ٠٠ - ٠٠ سم عموديا على الميول. أما سمك تبطين القاع فيتراوح ما بين ٣٠ - ٠٠ سم وإن كان يتغير وفقا لإحتياجات المشروع.

وبالتالى فإنه يمكن تحقيق تكلفة متوازنة معتدلة للتبطين الترابى السميك إذا كان حجم المشروع كبيرا يبرر إقتصاديات تشغيل معدات الأتربة الثقيلة وأيضا إذا توفرت التربة المطابقة للمواصفات بالكميات التى تغطى الإحتياجات وعلى مسافات نقل إقتصادية. ومن العناصر المؤثرة في التبطين الترابى السميك المدموك صلحية التربة المختارة في أعمال التبطين ، ويوضح الجدول (١-٧) أنواع التربة المختلفة ومواصفاتها الطبيعية وصلاحيتها للتبطين الترابى السميك المدموك.

وعلى وجه العموم فإن أفضل أنواع التربة المناسبة لهذا التبطين هي الزلطية الرملية مع نسبة من الطين الذي يعمل على التماسك والإلتحام وخليط متدرج بدرجة غير منتظمة Poorly graded من الزلط والرمل والطين وهذا الخليط من التربة يتميز بإنخفاض النفاذية ودرجة ثباته عالية لمقاومة النحر.

ومن وجهة النظر الإقتصادية فمن المعتاد خلط تربة الأساس الحرشة بالتربة الناعمة المتوفرة في المتارب القريبة لتكوين تبطين ثابت كتيم مندمج القوام.

جدول (١-٧) الخواص الطبيعية للتربة وصلاحيتها للإستخدام في أعمال التبطين

	مناسبتها للترع		خواص التربة **			أسماء نمطية لمجموعات
بطانة ترابية مدموكة	مقاومة النحر	الكثافة بعد الدمك	قوة القص	النفاذية	الرمز *	التربة
-	۲	10	١٦	١٤	GW	زلط متدرج ، خليط رمل وزلط
_	٣	٨	١٤	١٦	GP	زلط غير متدرج، خليط رمل
٦	٥	١٢	١.	١٢	GM	وزلط زلط طمیی ، خلیط غیر متدرج من زلط ، رمل وطمی
۲	٤	11	٨	٦	GC	زلط طینی ، خلیط غیر متدرج
						من زلط ، رمل وطين
1	1	١٦	١٣	٨	GW-GC	زلط مع رمل وطين التلاحم
-	٨	18	10	١٣	SW	رمل مندرج ، رمل زلطی
_	٩	<b>Y</b>	11	10	SP	رمل غير متدرج ، رمل زلطي
Y	١.	١.	٩	11	SM	رمل طمیی ، خلیط رمل وطمی
٤	٧	٩	٧	٥	SC	غیر متدرج رمل طینی ، خلیط رمل وطین غیر متدرج
٣	٦	١٤	١٢	<b>Y</b> !	SW-SC	رمل مع طين للتلاحم
٨	_	0	٥	١.	ML	طمی غیر عضوی ورمل شدید
٥	11	٦	٦	٣	CL	النعومة ، رمل ناعم طميى أو طينى طين غير عضوى منخفض أو متوسط اللاونة ، طين زلطى ، طين رملى
						عین رسی

مناسبتها للترع ***		**	خواص التربة *			أسماء نمطية لمجموعات
بطانة ترابية مدموكة	مقاومة النحر	الكثافة بعد الدمك	قوة القص	النفاذية	الرمز *	التربة
٩	-	٥	۲	٤	OL	طمى عضوى ، طين طميى عضوى منخفض اللدونة
-	-	۲	٣	٩	МН	طمی غیر عضوی " تربة " تربة المربة رملیة ناعمة أو طمییة بها میکا أو دیاتومات ، طمی مرن
١.	١٢	٤	٤	١	СН	طين غير عضوى عالى اللدونة
-	_	1	1	۲	ОН	طين عضوى متوسط إلى عالى اللدونة

<sup>\*</sup> تصنيف التربة حسب التصنيف الموحد Unified classification system

## ١-٧-٤ التبطين بتربة غير سميكة مدموكة

التبطين الترابى غير السميك المدموك يتكون من طبقة بسمك يتراوح ما بين ١٥ - ٣٠ سم من تربة متماسكة مدموكة بدرجة عالية وأحيانا يتم تغطيتها بطبقة حماية من تربة خشنة أو زلطية بسمك يتراوح ما بين ١٥ - ٣٠ سم.

ويختلف سمك طبقة التبطين والحماية وفقا لنوع ومواصفات التربة المستخدمة وسرعة تيار المياه المتذفقة بالترعة وعلى سبيل الإقتراح فإن التربة الطينية الزلطية يمكن إستخدامها بنجاح بدون طبقة غطاء أو حماية إذا ما كانت قوة النحر غير عالية بينما من الضروري إستخدام طبقة الحماية لمقاومة النحر إذا كانت التربة المستخدمة هي التربة السلتية ذات لدونية منخفضة. ويتضمن الجدول (١-٧) خواص ومواصفات التربة الصالحة للإستخدام في التبطين الترابي ومنها يتضح أن التربة الصالحة للإستخدام في التبطين غير السميك المدموك هي:

- ١- زلط مع رمل وطين للمساعدة على التماسك والإلتحام
- Gravel with sand clay binder (GW-GC)
  - . Clayey gravel (GC) د تربة طينية زلطية
- . Sand with clay binder (SW-SC) حرمال مع طين للتماسك
  - ٤- تربة طينية رملية (SC) . Clayey sands
  - ٥ ـ طين منخفض اللدونة (CL) . Lean clays
  - . Fat clays (CH) تربة طينية عالية اللدونة

<sup>\*\*</sup> تدل الأرقام تصاعديا على تزايد قيمة الخاصية (أوطاها رقم ١ وأعلاها رقم ١٦)

<sup>\*\*\*</sup> تدل الأرقام تناقصيا على الأفضلية النسبية للتبطين (١ هي الأفضل)

وهذه التربة الأخيرة قد لا تكون مناسبة للترع المعرضة للبلل والجفاف لتعرضها للإنتفاخ والإنكماش ما لم يتم حماية التبطين بطبقة من تربة زلطية رملية وفي حالة إستخدام التربة المتاحة في الموقع لأعمال التبطين غير السميك المدموك فإنه يلزم مراعاة أن يتم قبل إستعمالها تحديد قيم أعلى كثافة لها والرطوبة القصوى المثلى والنفاذية بالتجارب المعملية لتؤخذ في الإعتبار في التنفيذ.

وعملية دمك التبطين الترابى غير السميك من المفضل أن يتم بإستخدام هر اسات حوافر الغنم فى المرحلة الأولى ثم بالهر اسات العادية الهزازة ويمكن إستخدام معدات نوعية أخرى مناسبة لهذه الأعمال ، وإحدى هذه الطرق هو أن يتم تشغيل هذه المعدات بطول المسطاح إذا كان عرض المسطاح يسمح بحركة المعدات بثبات.

## ١- ٨ التبطين لمقاومة تآكل وإنهيار جسور المجارى المائية

## ١-٨-١ نحر وتآكل قطاعات الترع

تعتبر ظاهرة إنهيارات وتآكل جسور وجوانب قطاعات المجارى المائية من أخطر المشاكل التى تتعرض لها هذه المجارى. إذ يترتب عليها نتائج تعتبر خطيرة منها زيادة الفاقد بالتسرب والتغيرات فى أبعاد التصميم الهيدروليكى للترعة وما قد يترتب على ذلك من تغير فى المناسيب الفعلية للمياه بشكل مخالف للمناسيب التصميمية والتى تحددت فى التصميم لتناسب المناسيب المقررة لتغذية الفروع ورى الأراضى.

وتنحصر أسباب ومظاهر تعرض قطاعات الترع للنحر والتآكل التي قد تمتد إلى تهايل وإنهيار الجوانب في الأتي :

- -١- نحر التربة بتأثير سرعة تبار المباه.
- ٢- إنفصال أتربة الميول الجانبية المشبعة بالمياه والمتماسكة وغير القابلة للصرف الحر و إنهيار ها نتيجة
   الإنخفاض السريع للمياه بالترعة.
  - ٣- سيولة Liquefaction التربة السلتية أو الرملية المشبعة.
- ٤- نحر التربة نتيجة تسرب المياه الأرضية بالأراضى المجاورة إلى حبس الترعة عند إنخفاض مناسيب المياه بها.
- نحر جسور أو قاع الترعة أو كليهما نتيجة تأثير موجات تيارات المياه الناتجة من هبوب رياح شديدة أو بفعل البواخر المارة إذا كان المجرى ملاحيا كالرياحات والترع الملاحية.

وتختلف مراحل وميكانيكية مراحل هذه الظواهر حسب عوامل كثيرة منها سرعة المياه بالترعة وخواص التربة التى تشق فيها الترعة ومنسوب المياه الأرضية فى المناطق المجاورة للترعة وتذبذب مناسيب المياه بالترعة نفسها.

وتنقسم أعمال حماية مجارى الترع وجسورها من التآكل و الإنهيار إلى الأعمال التالية:

- التبطين Lining .
- التبطين بالنسيج الصناعي Fabric system erosion prevention -
  - التبطين بأحجار الريبراب Stone riprap system
    - التبطين بالجابيونات Gabions system
  - التبطين بتدبيش الأحجار Stone pitching system

## ١-٨-٢ التبطين لمقاومة تآكل وإنهيار جسور المجارى المائية

لا تتوقف فوائد التبطين عند منع تسرب المياه المتدفقة بالترعة بل تمتد فوائده إلى دور هام ومؤثر وهو مقاومة تآكل و إنهيار الت جسور الترع نتيجة نحر سرعة التيار للتربة أو تأثير الموجات الناتجة من الرياح الشديدة وأيضا السرعات الناتجة من التيارات المائية المعاكسة كما يقاوم التبطين نحر التربة وتهايلها نتيجة تسرب المياه الأرضية بالأراضي المجاورة إلى حبس الترعة عند إنخفاض مناسيب المياه بالترعة.

وقد أشارت البحوث والدراسات التى تمت فى هذا المجال إلى أن أنسب أنواع التبطين لمقاومة تآكل وإنهيارات جسور الترع هو التبطين بالخرسانة الأسمنتية والتبطين بالخرسانة الأسفاتية وذلك وفقا للإشتر اطات والمواصفات الخاصة بهذه الأنواع.

# ١-٨-٣ إستخدام النسيج الصناعي لمقاومة النحر

يستخدم النسيج الصناعي وغشاء البلاستيك عالى الكثافة في أعمال حماية الترع والمجاري المائية من ظاهرة النحر وأيضا تقوية جسورها لحمايتها من التهايل الذي تتعرض له حيث يعمل هذا الغشاء أو النسيج على حماية التربة من تأثير حركة المياه المباشرة.

وفى الحالات التى تتعرض فيها الترع لضغوط هيدروستاتيكية من الخارج إلى الداخل فإن إستخدام النسيج الصناعى المرشح يؤدى دورا فعالا عند شده وتثبيته حيث يسمح بمرور المياه دون حبيبات التربة مما يمنع النحر والتآكل. والنسيج المستخدم فى هذه الأعمال يمكن أن يكون منسوجا Woven أو غير منسوج Non woven والنسيج المنسوج له نفاذية أكبر ولذلك يستعمل فى التربة ذات الحبيبات الأكبر حجما أما النوع غير المنسوج فيستخدم فى التربة دقيقة الحبيبات كالطين والسيلت.

## ١-٨-٣ إختيار نوع النسيج

يلزم عمل الدر اسات و الإختبار ات التي تضمن إختيار أنسب أنواع النسيج للحالات المختلفة وتشمل الدر اسات :

- در اسة التحليل الميكانيكي للتربة على طول مسار الترعة وتحديد حجم حبيباتها ودر اسة حركة المياه الأرضية لتحديد درجة نفاذية النسيج المطلوبة.
- دراسة إتزان الميول لجوانب الترعة والجسور وذلك بتحديد القوى الدافعة وقوى المقاومة ومعامل الأمان المناظر الذي يجب أن تزيد قيمته عن الواحد الصحيح. وبالرجوع إلى الشكل (١-٢٤) يمكن إفتراض مركز الإنهيار ونصف قطر الإنهيار لتهايل قوسى دائرى ويحسب معامل الأمان من المعادلة التالية:

$$Fs = \frac{\text{Resisting moment}}{\text{Driving moment}} = \frac{(\widehat{Cab})(R)}{(W)(X)}$$
 (1-21)

حبث

معامل الأمان لإتزان الميل  $F_S$ 

(ab) قوة قص التربة على طول القوس = C

R = نصف قطر سطح الإنهيار

 $\mathbf{W} = e$ وزن التربة المشاركة في الإنهيار

المسافة الأفقية بين مركز سطح الإنهيار ومركز ثقل وزن التربة المشاركة في الإنهيار X

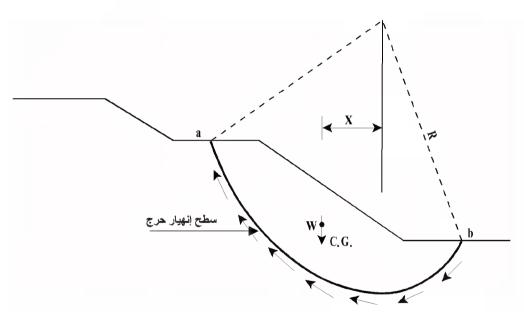
وتعتبر الميول في وضع تمام الثبات إذا كانت قيمة معامل الأمان ( $F_S \ge 2$ ) وعندما تكون قيمة  $(F_S = 1)$  فإن الميول تكون على حافة الإنهيار.

وبتحديد مسار منحنى سطح الإنهيار المتوقع الذي يعطى أقل قيمة لمعامل الأمان يمكن تحديد أماكن النسيج الصناعى حيث يتم وضعه فى خطوط موازية لقاع الترعة والجسور على مسافات كل ٣٠ - ٥٠ سم حسب متطلبات التصميم وبحيث يقطع خط سطح الإنهيار (التهايل) كما هو موضح بالشكل (١-٢٥). حيث يقوم النسيج على هذا الوضع بتسليح التربة وتقويتها على مسار سطح الإنهيار مما يمنع إنز لاق التربة حيث يعمل النسيج على تحسين معامل أمان ثبات ميول وجسور الترعة ضد التهايل.

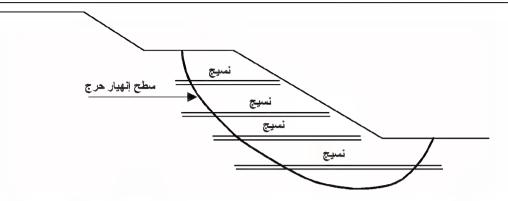
# ١-٨-٣ المواصفات الفنية للنسيج

النسيج المطلوب إستخدامه في أعمال حماية قطاعات مجارى الرى ضد النحر والتآكل والإنهيارات يلزم بالضرورة أن يتميز ببعض الخصائص والمواصفات الفنية التي تجعله مناسبا لمقاومة ديناميكية القوى المؤثرة في حركة النحر والإنهيار.

ولهذا يلزم أن يكون الغشاء أو النسيج المستخدم في هذه الأعمال ذا مواصفات فنية مميزة بالنسبة لمقاومة الإحتكاك مع التربة وذا مقاومة عالية للشد وقدرة جيدة على مقاومة التمزق والإختراق وذا نفاذية عالية. والموضح فيما يلى بيان بعناصر المواصفات الخاصة بمقاومة التمزق ومقاومة الإختراق لكل من غشاء البولى إيثيلين عالى الكثافة ونسيج البولى بروبولين المنفذ للمياه وغير المنفذ للمياه ، جدول (١-٨).



شكل (١-٤٢) شكل توضيحي لإنهيار (عدم ثبات) ميل



شكل (۱-٥٢) شكل توضيحى لتأثير نسيج صناعى فى مقاومة إنهيار (عدم ثبات) ميل جدول (۱-٨) مقارنة بين خواص غشاء البولى إيثيلين عالى الكثافة ونسيج البولى بروبولين

بولين	بولی برو	HDP		الخاصية
غير منفذ للمياه	منفذ للمياه	بولى إيثيلين عالى الكثافة		الكافنية
710_170	۲۸۰۰ - ۵۸۰	۲۰۰ - ۱۳۳	نيوتن	مقاومة التمزق
TE00 _ 0A	۳۷۰۰ _ ۰۰۰	707 _ 7T1	نيوتن	مقاومة الإختراق

## ١-٨-٤ التبطين بأحجار الريبراب

يستخدم التبطين بأحجار الريبراب Riprap في أعمال حماية قطاعات الترع عند مواقع الأعمال الصناعية (في الأمام والخلف) أو على طول مسار الترعة لحمايتها من النحر.

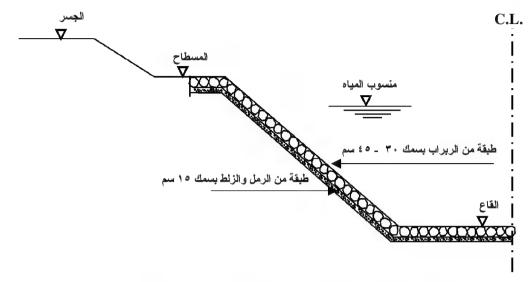
وعند دراسة إستخدام التبطين بأحجار الريبراب فإنه يلزم دراسة موقع المشروع ونوع الترعة وسرعة تيار المياه وذلك لتحديد كمية ونوع الحماية اللازمة وكذلك بعد مناطق توفر الريبراب ووضع برامج التوريد بما يتناسب مع برامج التنفيذ وفي المناطق التي يندر فيها الريبراب توضع دراسات توريد الكميات المطلوبة من المحاجر المعتمدة ويتم تشوينها على هيئة أبراج على طول مسار الترعة.

ويختلف سمك تبطين الريبر اب بإختلاف نوع التربة وحجم قطاع الترعة وسرعة المياه. وعند تحديد أحجام وكمية المواد المطلوبة لقطاع التبطين الآمن فإنه يلزم التحقق من أنها تفى لتغطية المقاييس التصميمية لهذه العناصر.

ويوضح الشكل (١-٢٦) القطاع التصميمي القياسي للتبطين بالريبراب في أعمال الوقاية ضد النحر. وتوجد أربعة نماذج لأعمال الحماية بالريبراب تمثل أدنى حجم وكمية للمواد اللازم استخدامها لتشكيل قطاع الحماية. ويلزم مراعاة عمل التعديلات اللازمة التي قد تتطلبها عناصر تصميم المشروع.

- نموذج (١) زلط حرش سمك ١٥ سم.
- نموذج (۲) زلط حرش سمك ۳۰ سم.
- نموذج (٣) ريبر اب سمك ٣٠ سم فوق طبقة زلط ورمل سمك ١٥ سم.
- نموذج (٤) ريبر اب سمك ٥٥ سم فوق طبقة زلط ورمل سمك ١٥ سم.

ويلزم إستخدام النموذج (٣) إذا زادت السرعة في القطاع المائي عن ١,٥ متر / ثانية بغض النظر عن عمق المياه في القطاع.



شكل (١-٢٦) قطاع لترعة محمية من النحر بطبقة من الريبراب

الحماية بالريبراب أمام وخلف الأعمال الصناعية في حالة منشآت تقاطع الصرف فالموضح فيما يلى أدنى قطاع للحماية بالريبراب.

طول الفرشة في	المخارج Outlet	المداخل Inlet	التصرف
الخلف (م)	D.S	U.S	م"/ٿ
۲,٤	نموذج (۲)	-	صفر ـ ۰٫۸٤
٣,٦	نموذج (٢)	-	Y,0,A0
٤,٨	نموذج (٣)	نموذج (۱)	7,7 7,00
٦,٦	نموذج (٤)	نموذج (۲)	17,1 7,70

وفي حالة زيادة التصرف عن ١٦,٨ م مم / ث فإن الأمر يحتاج إتخاذ إعتبارات وإحتياطات أخرى.

وعندما يكون إنحدار قناة التوصيل كبيرا إلى حد ينتج عنه سرعة تزيد عن 5,0 م / ث عند نهاية قناة التوصيل فإنه يلزم إستخدام نموذج الحماية للتصرف الأعلى (نموذج (T)) على الأدنى).

وبالنسب للسحارات والأنفاق Syphons and tunnels فإن التفصيلات الأتية للحماية بالريبراب تعتبر الحد الأدنى المسموح به.

بيان أقل حماية مسموح بها		عمق المياه d قرب المنشأ (م)
المخارج	المداخل	(r) +5-u
-	-	صفر ـ ۰٫۳۰
نموذج (۱)	-	1,.0,71
نموذج (٢)	نموذج (۱)	۲,۱۰ - ۱,۰٦
نموذج (۳)	نموذج (۲)	٣,٠٠ - ٢,١٢

- وفى حالة زيادة عمق المياه عن ٣ متر فإن إعتبارات أخرى تؤخذ فى الحسبان الأمر الذى قد يتطلب استخدام نموذج (٣) أو نموذج (٤) حسب قدر الزيادة في عمق المياه.
- وفى حالى إحتياج المداخل للحماية بالريبراب فإن طول هذه الحماية  $\mathbf{d}$  وعلى أن  $\mathbf{d}$  يقل عن  $\mathbf{d}$  متر.
  - · وفي حالة إحتياج المخارج لهذه الحماية فإن طولها = ٢,٥ وعلى أن لا يقل عن ١,٥ متر.
- وبالنسبة لقنوات بارشال Parshall flumes مساقط الحجز Check drops وقنوات المساقط المغلقة Closed conduit drops ذات القطاع المحكم على خرسانة يعطى أدنى قطاع للحماية بالريبراب كما يلى:

بيان أقل حماية مسموح بها		عمق المياه d قرب المنشأ (م)
المخارج	المداخل	عرب المسار بي المرب المسار (م)
نموذج (۲)	-	صفر ـ ۰٫٦۰
نموذج (۲)	-	1,.0,71
نموذج (٣)	نموذج (۱)	7,1 1,.7
نموذج (٤)	نموذج (۲)	T, Y,1Y

- وفى حالة زيادة عمق المياه عن ٣ متر فإن إعتبار ات أخرى تؤخذ فى الحسبان الأمر الذى قد يتطلب استخدام نموذج (٣) أو نموذج (٤) حسب قدر الزيادة فى عمق المياه.
- و على أن d = d و على أن لا يقل عن المداخل للحماية بالريبراب فإن طول هذه الحماية d = d (عمق المياه) و على أن لا يقل عن ا متر.
  - طول الحماية عند المخارج = 4 c و بحيث لا يقل عن 4 c متر.
- وفى حالة حدوث تيار ات دو امية عند المخارج فإنه يلزم زيادة طول الحماية إلى d 2 (أربع مر ات عمق المياه).

#### التبطين بالجابيونات Gabions Lining System

الجابيون هو شبك من الحديد المجلفن (السلك) مشكل بحيث يعطى هيئة قفص ويملأ بالزلط أو كسر الأحجار.

- السلك المكون للقفص (الجابيون) يصنع من الصلب الطرى الذى لا يقل جهد الشد له عند الإنهيار عن ٤٠ كجم / مم وقطر السلك ٢,٢ مم.
  - لا تقل إستطالة عينة من السلك طولها ٢٠٠٣م عند الإنهيار عن ١٢%.
- لا تقل نسبة الزنك المستخدم في الجلفنة عن ٢٥٠ جم / م م من المساحة السطحية للسلك ويجب أن يتم التحقق من التماسك بين طبقة الجلفنة و الأسلاك.
  - يجب أن يغطى السلك بطبقة من كلوريد البولي فينيل PVC المرن المطابق للمواصفات القياسية.
    - يجب أن تكون الفتحات مسدسة وأن يكون البعد الأصغر من المحور إلى المحور ٦٠ مم.
- ويتم ملء الجابيونات (الأقفاص) بالزلط أو كسر الأحجار ناتج الكسارة التي لا يقل قطرها عن ٨٠ ٩٠ مم (يلاحظ أن البعد الأصغر من المحور للمحور لشبك السلك هو ٦٠ مم).
  - والأبعاد القياسية للقفص (الجابيونة) ١ ٠,٢٥ x ٤ x ٢ متر.
- تستخدم الجابيونات فى حماية الميول وجسور الترع ذات القطاعات الكبيرة والرياحات ويتم تركيب الجابيونات كالموضح بالشكل (١-٢٧) ويمكن أن يوضع نسيج مرشح أو مصمت تحت رصات الجابيونات على سطح الميل لتقوية التكوين الترابى لجسم الترعة ولضمان عدم تحريك الأتربة بتحرك المياه الأرضية.

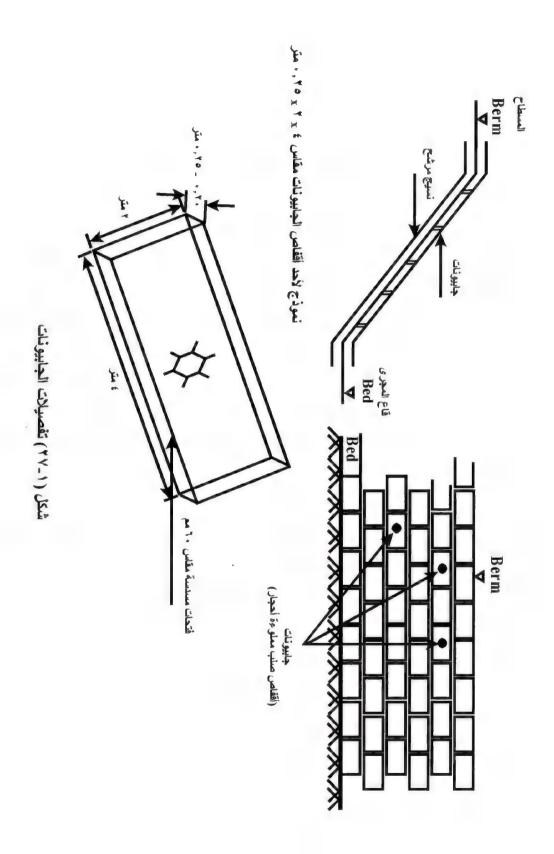
#### ١ ـ ٨ ـ ٦ التبطين بتدبيش الأحجار

يستخدم التبطين بتدبيش الأحجار لحماية قطاعات الترع من النحر والتآكل ويتم إستخدام الحجر الجيرى الصلد غير القابل للتآكل بفعل عوامل الطبيعة أو الدوامات في المياه.

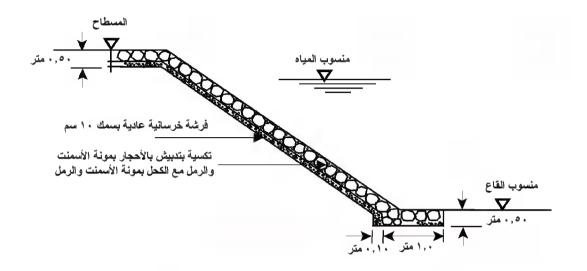
ويتم تبطين قطاع الترعة بتدبيش الأحجار عند مواقع الأعمال الصناعية في الأمام والخلف أو بطول أحباس كاملة من الترعة.

وتتم مبانى التكسيات فوق فرشة من الخرسانة العادية بسمك 0.00 متر يبنى فوقها كلين الدبش بسمك 0.00 متر بمونة الأسمنت والرمل 0.00 ومن المفضل (كحل) الفر اغات بين الأحجار بمونة الأسمنت والرمل ( ١ متر 0.00 كجم أسمنت) ويمكن عمل (الكحلة) إما غاطسة أو بارزة والشكل ( 0.00 كجم أسمنت) ويمكن عمل (الكحلة) إما غاطسة أو بارزة والشكل ( 0.00 كجم أسمنت) ويمكن عمل (الكحلة) إما غاطسة أو بارزة والشكل ( 0.00 كجم أسمنت) ويمكن عمل (الكحلة) إما غاطسة أو بارزة والشكل ( 0.00 كبير المناوب و من المناوب و من المناوب و من المناوب و المن

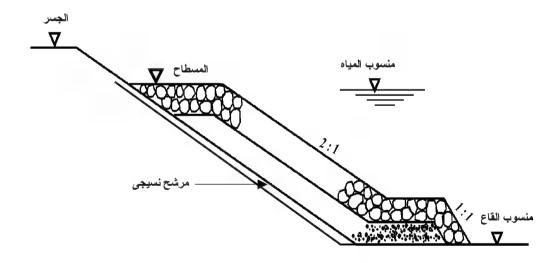
ويمكن إستخدام مبانى الدبش على الناشف (بدون إستخدام مونة) بتشكيل قطاعات مبانى بالدبش كالموضح في الشكل (١-٢٩) والذي يستخدم في حماية الميول والجسور من عمليات النحر والتآكل.



٧٧-١



شكل (١-٨١) تبطين قطاع الترعة بتكسيات الدبش



شكل (۱-۹۱) قطاع تبطين بالدبش على

**١-٨-٧ المراجع** 

- 1. Davis, C. and Sorensen, D., "Canals and conduits", chapter 7, Handbook of applied Hydraulics, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw Hill Book Company, New York, U.S.A, (1969).
- 2. Kraatz, D.B., "Irrigation Canal Lining, Land and Water Development", Series No.1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italy, (1977).
- 3. Kinari, B.Z., "Manual of surface Drainage Engineering", Volume 1, Elsevier Publishing Company, Amesterdam, the Netherlands, (1970).
- 4. United States Bureau of Reclamation, "Lining of Irrigation Canals", U.S. Government Printing Office, Washington D.C., U.S.A, (1963).

# الباب الثانى Water -Crossing Structures المنشآت المائية المتقاطعة

### ۱-۲ البرابخ Culverts

#### ۱\_۱\_۲ تعریف

البربخ هو منشأ لمصرف أو ممر مائى يعترض طريقا أو خط سكة حديد باستعمال مواسير أو مجرى مقفول.

### ٢-١-٢ معايير التصميم

يكون مقطع البربخ دائريا أو مربعا أو مستطيلا أو شبه منحرف أو على شكل حدوة الفرس أو بيضاويا أو على شكل أخر حسب الظروف المحيطة ومواد الإنشاء المتاحة.

### ٢-١-٣ مواد إنشاء البربخ

#### ١-٣-١-٢ برابخ من المبانى

ويكون قطاعها ذا فتحة واحدة أو فتحتين حسب ما هو موضح بالشكل (١-١).

### ٢-١-٣-١ برابخ خرسانية مسلحة سابقة الصب ذات قطاع دائرى

### ۲-۱-۳ برابخ معدنیة ذات قطاع دائری

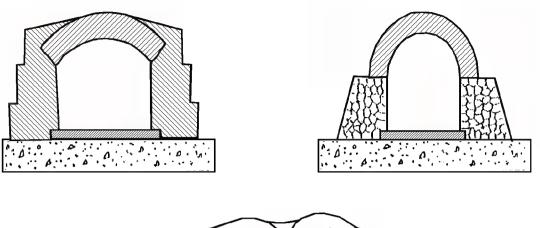
### ٢-١-٣-٤ برابخ خرسانية مسلحة

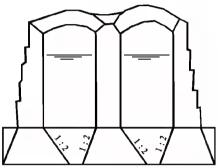
يمكن أن يكون مقطعها صندوقيا ذا فتحة واحدة أو أكثر كما هو موضح بالشكل (٢-٢) ويعتمد ذلك على الأحمال فوق البربخ وكذلك تدفقات المياه في المجرى.

ويتميز القطاع الصندوقي المربع (S = H) بقلة الفاقد بالاحتكاك مع جدر انه وأيضا بسهولة تشكيل القطاع عند التنفيذ.

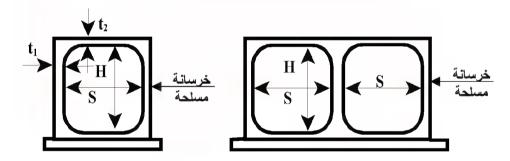
ويتميز القطاع الصندوقي المستطيل (S > H) أي العرض أكبر من العمق بالأداء الجيد في كل من المدخل والمخرج على الرغم من أنه غير إقتصادي من وجهة النظر الإنشائية حيث أن البلاطات الخرسانية الأفقية لهذا القطاع تكون بحورها كبيرة. أما الوضع العكسى عندما يكون عرض الفتحة أقل من عمقها (S < H) فيتميز بأنه اقتصادي تجاه الأحمال الثقيلة مع إعطاء عمق كبير في المدخل إذا كان مطلوبا.

و عموما يجب أن يكون عرض المقطع الصندوقي مساويا لعمقه ما أمكن وفي حالة الإضطرار إلى زيادة العرض عن العمق فيفضل زيادة عدد الفتحات في قطاع البربخ كما يمكن أن يكون القطاع على شكل دائري أو بيضاوي كما هو موضح بالشكل (٣-٢).

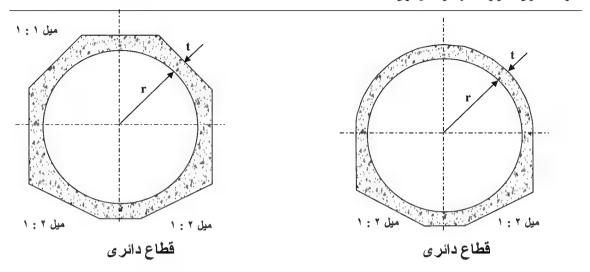


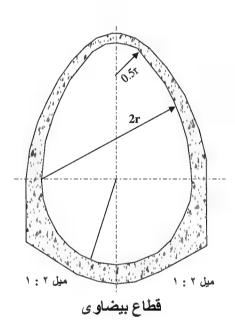


شكل (٢-١) قطاعات في برابخ مبانى مقوسة ذات فتحة واحدة أو فتحتين



شكل (٢-٢) بربخ ذو قطاع صندوقي من الخرسانة المسلحة ذو فتحة واحدة أو فتحتين





شكل (٣-٢) قطاعات دائرية وبيضاوية في بربخ من الخرسانة المسلحة

ودائما ما يختار منسوب أعلى فرش البربخ بحيث يكون أقل من منسوب قاع المجرى بإرتفاع V يقل عن • • سم فيعمل ميل من التكاسى بالمونة (• : ١) على بعد حوالى • متر أمام المدخل وتكون شفة البربخ مغمورة بمقدار يتراوح بين • ٢ – ٣٠ سم .

### ١-١-٤ التصميم الهيدروليكي للبرابخ

Head Loss (H<sub>L</sub>) فاقد ضغط المياه ١-٤-١-٢

فاقد ضغط المياه في شبك الأعشاب أمام المدخل (إن وجد) hscreen :

$$h_{\text{screen}} = C_{\text{screen}} \times \frac{v^2}{2g}$$
 (2-1)

$$C_{\text{screen}} = B \left(\frac{t}{S}\right)^{4/3} \sin \alpha \tag{2-2}$$

الشبك Straps الخوص t

S = المسافة بين الخوص

ز اوية ميل الشبك مع الأفقى  $\alpha$ 

v = سرعة المياه بين حائطي المدخل g = عجلة الجاذبية الأرضية

 $\mathbf{B} = \mathbf{B}$  معامل بدون أبعاد يتوقف على شكل قطاع الشبك طبقا للشكل (٢-٤)

: hentrance المياه في المدخل

$$h_{\text{entrance}} = C_{\text{entrance}} \times \frac{v^2}{2g}$$
 (2-3)

حيث Centrance معامل يتوقف على شكل المدخل طبقا للشكل (٥-٢)

فاقد ضغط المياه بالاحتكاك بحوائط وجدر ان البريخ hfriction : عندما يكون قطاع البريخ مغمور ا بالمياه

$$h_{friction} = C_{friction} x \frac{v^2}{2g}$$
 (2-4)

في حالة القطاع الدائري تطبق معادلة دارسي لحساب

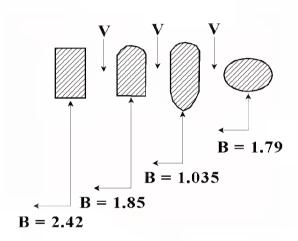
$$C_{\text{friction}} = \frac{4f L}{d}$$
(2-5)

-d = قطر الماسورة

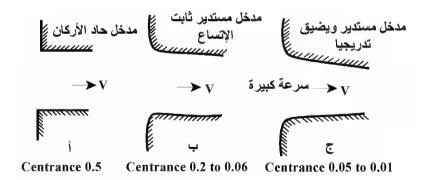
في حالة البرابخ ذات القطاع الصندوقي يتم حساب  $C_{
m friction}$  من المعادلة التالية

$$C_{friction} = \left[a\left(1 + \frac{b}{m}\right)\frac{L}{m}\right] \tag{2-6}$$

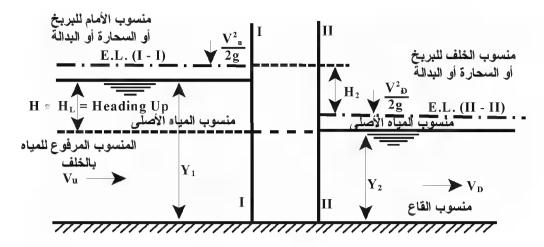
L=deb البربخ = L المساحة المبتلة من البربخ / المحيط المبتل من البربخ = m المصنوع منها = a معاملان طبقا للجدول (٢-١) حيث تختلف العلاقة بينهما بإختلاف نوع المادة المصنوع منها



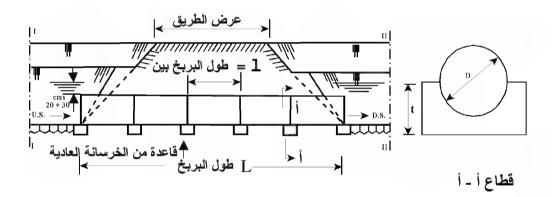
شكل (٢-٤) قيم المعامل B في المعادلة (٢-٢) والمعادلة (٢-٨)



شكل (٥-٢) قيم المعامل Centrance طبقا لشكل المدخل



شكل (٢-٢) الطمو عند إعتراض البربخ لمجرى مائى (أو السحارة لمجرى مائى أو البدالة لمجرى مائى)



شكل (٢-٧) بربخ ذو قطاع دائرى (ماسورة) مستمر على عدد من القواعد الخرسانية المنفصلة جدول (٢-١)

b	a	المادة		
.,.٣.0	٠,٠٠٣١٦	برابخ أسمنتية ملساء		
.,. ٢٥٦	٠,٠٠٤٩٧	برابخ حديد ملساء		
.,. ٢٦0	٠,٠٠٩٩٦	برابخ حديد غير قابلة للصدأ		
•,•٧•١	٠,٠٠٤٠١	مبانى طوب وواجهات دستور		

يلاحظ أن خط فاقد ضغط المياه بالاحتكاك بحوائط وجدر ان البربخ  $h_{\rm friction}$  يمثل الفاقد الرئيسي لضغط المياه في البربخ خاصة إذا كان طول البربخ كبير ا بشكل ملحوظ. فقد ضغط المياه في المخرج  $h_{\rm exit}$ 

$$h_{exit} = C_{exit} \times \frac{v^2}{2g}$$
 (2-7)

حيث Cexit معامل يتوقف على شكل المخرج

بريجيا  $^{\circ}$  -  $^{$ 

المخرج مستدير ا أو حاد الأركان وثابت الإتساع المخرج مستدير ا أو حاد الأركان وثابت الإتساع

وبذلك يكون الفاقد الكلى لضغط المياه في البربخ  $H_L$  هو مجموع مركبات الفواقد السابق ذكرها في المعادلات (Y-Y) ، (Y-Y) ، (Y-Y) .

$$TotalH_{L} = h_{\text{screen}} + h_{\text{entrance}} + h_{\text{friction}} + h_{\text{exit}}$$
(2-8)

ويلاحظ أنه يمكن الحصول على أقل فاقد فى ضغط المياه فى البربخ إذا كان المدخل مستديرا ويضيق تدريجيا بينما المخرج مستديرا ويتسع تدريجيا.

### ٢-٤-١ الطمو (العلو أو الصاعد) Heading Up

الطمو هو الفرق بين منسوبى المياه بالأمآم والخلف نتيجة إعتراض البربخ للقطاع المائى للمجرى. ويوضح الشكل (٢-٦) الفرق بين خطى الطاقة بالأمام والخلف ويمثل الفاقد فى منسوبى المياه عند مرورها بالبربخ.

- قيمة الطمو المسموح به في البربخ تكون في حدود ٥ ١٠ سم ويجب ألا تزيد عن ذلك.
- يجب أن تكون سرعة المياه داخل البربخ (V) في حالة أقصى تصرف في حدود من مرتين إلى ثلاث مرات سرعة المياه المتوسطة في المجرى على ألا تزيد السرعة (V) عن Y م / ث و V تقل عن V م / ث V م / ث V م / ث V أن تقل عن V م / ث V أن تقل عن V م / ث V أن تقل عن V أن أن تكون سرعة المياه المتوسطة في المجرى على ألا تزيد السرعة V أن أن تكون سرعة المياه المياه
  - يمكن حساب مساحة القطاع المائي للبربخ كما يلي:

### فى حالة القطاع الدائرى

في حالة القطاع الصندوقي

$$A_{barrel} = \frac{Q}{V} = \frac{N \pi D^2}{4 V}$$
 (2-9)

$$A_{barrel} = \frac{Q}{V} = \frac{N b d}{V}$$
 (2-10)

حبث

D = قطر القطاع الدائري للبربخ

b = عرض القطاع الصندوقي للبربخ

d = عمق المياه في القطاع الصندوقي للبربخ

N = عدد الفتحات بقطاع البربخ

### ٢-١-٤ برابخ لإمرار مياه السيول

يراعى عند تصميم قطاع هذه البرابخ الدقة في حساب كمية المياه القصوى المتوقع مرورها في الثانية من خلال قطاعاتها ويرجع في ذلك إلى الدراسات الهيدرولوجية.

### ١-١-٥ التصميم الإنشائي للبربخ

## ۲-۱-۱-۱ إذا كان قطاع البربخ دائريا (ماسورة) وكانت الماسورة محمولة على كراسى خرسانية منفصلة

طبقا للشكل (٢-٧) فإن الماسورة بكامل طولها تكون تحت تأثير عزوم إنحناء في الإتجاه الطولي نتيجة للأحمال التالية :

- وزن الماسورة.
- وزن المياه بالماسورة.
- وزن أتربة الردم فوق الماسورة.
- الأحمال الحية الموزعة (إن وجدت).
- قوة الدفع من أسفل إلى أعلى Uplift .
- الأحمال الحية المركزية (إن وجدت).

#### ويمكن تطبيق ما يلى:

- إذا كان عمق أتربة الردم فوق مركز الماسورة أقل من ٣ متر فإنه يمكن إهمال عزوم الإنحناء الطولية الناتجة عن وزن أتربة الردم فوق الماسورة وقوة الدفع من أسفل إلى أعلى.
- . إذا كان عمق أتربة الردم فوق مركز الماسورة أكبر من ٣ متر فإنه لإهمال عزوم الإنحناء الطولية الناتجة عن وزن أتربة الردم فوق الماسورة وقوة الدفع من أسفل إلى أعلى فيلزم أن يكون قطر الماسورة (D) مساويا ٢٠,٠ من عمق أتربة الردم فوق الماسورة.
- يتم حساب عزوم الإنحناء الطولية بإعتبار الماسورة كمرة مستمرة غير محددة أستاتيكيا بإستخدام إحدى طرق التحليل الإنشائي أو بإستخدام الحاسب الآلي.

## ٢-١-٥-٢ إذا كان قطاع البربخ دائريا (ماسورة) وكاتت الماسورة محمولة على فرشة مستمرة في الإتجاه الطولى

يمكن إعتبار الحالتين التاليتين:

### الحالة الأولى

إذا كان الحمل المؤثر موزعا فإنه يمكن حساب كثافة كل من الحمل الميت (D.L) والحمل الحي (L.L) على قطاع الماسورة طبقا للشكل (-1.4) كما يلى:

D.L.: 
$$g = [(\frac{w + w_1}{2}) \times d \times \gamma_e \times \frac{1}{w_1}] + [\frac{1}{2} \text{ (weight of culvert per m'} \times \frac{1}{D}]$$
 (2-11)

$$L.L.: p' = p(\frac{w}{w_1})$$
 (2-12)

حيث  $\gamma_e$  هي كثافة أتربة الردم (وزن وحدة الحجوم).

### الحالة الثانية

إذا كان الحمل الحى المؤثر مركزا. وتنقسم هذه الحالة إلى الوضعين المبينين في الشكلين (٢-٩) ، (٢-١٠).

وطبقا للشكل (٩-٢) فإن d < c وعلى ذلك :

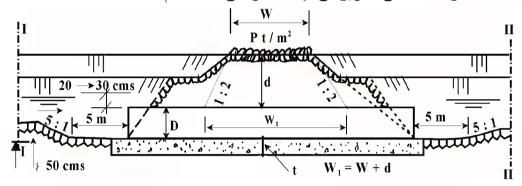
$$x = c - d \tag{2-13}$$

L.L.: 
$$p' = \frac{2P}{[2(b_1 + d) + x](b_2 + d)}$$
 (2-14)

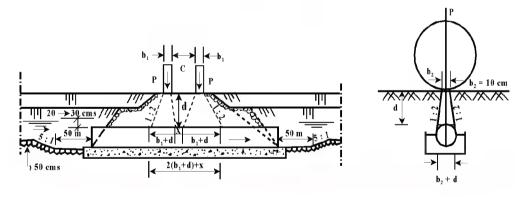
حيث

P = حمل العجلة المركز

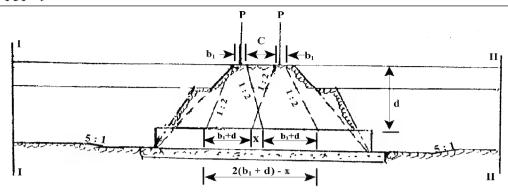
سم العجلة على الطريق في الإتجاه العرضي  $= b_2$ 



شكل (-4) بربخ ذو قطاع دائرى محمول على فرشة مستمرة من الخرسانة العادية ومعرض لأحمال حية موزعة



شكل (4-7) بربخ ذو قطاع دائرى محمول على فرشة مستمرة من الخرسانة العادية ومعرض لأحمال حية مركزة (الوضع عندما تكون d < c)



شكل (Y-Y) بربخ محمول على فرشة مستمرة من الخرسانة العادية ومعرض لأحمال حية مركزة (d>c)

وطبقا للشكل رقم (١٠-٢) فإن d > c وعلى ذلك

x = d - c

L.L.: 
$$p' = \frac{2P}{[2(b_1 + d) - x](b_2 + d)}$$
 (2-15)

ولكل من الوضعين يمكن حساب كثافة الحمل الميت (D.L) كما في المعادلة (1-1) ويمكن تطبيق ما يلي :

- يتم حساب عزوم الإنحناء الطولية نتيجة الأحمال الميتة والأحمال الحية بإستخدام طرق التحليل الإنشائي أو بإستخدام الحاسب الآلي.
- في حالة أن القطر الخارجي للمآسورة (D) يزيد عن 0.0 متر فإن سمك الفرشه أسفل الراسم السفلي للماسورة (t) لا يقل عن 0.20 + 0.30 متر.
  - . في حالة تكون قطاع البربخ من أكثر من ماسورة فإن المسافات بين مراكز المواسير لا يقل عن [D + (50 to 80)] سم.

### ٢-١-٥-٣ إذا كان قطاع البربخ صندوقيا

في هذه الحالة يمكن حساب الأحمال المؤثرة على البربخ بإعتبار الحالتين التاليتين:

### الحالة الأولى

إذا كان البربخ معرضا لأحمال حية موزعة منتظمة فإنه يمكن حساب كثافة كل من الحمل الميت (L.L) والحمل الحي (L.L) على البربخ طبقا للشكل (-11) كما يلى :

D.L.: 
$$g = (\frac{w + w_1}{2}) \times d \times \gamma_e \times \frac{1}{w_1} + \frac{1}{2} \text{ (weight of culvert / m x } (\frac{1}{s})$$
 (2-16)

L.L.: 
$$p' = p(\frac{w}{w_1})$$
 (2-17)

حيث  $\gamma_{\rm e}$  هي كثافة أتربة الردم (وزن وحدة الحجوم).

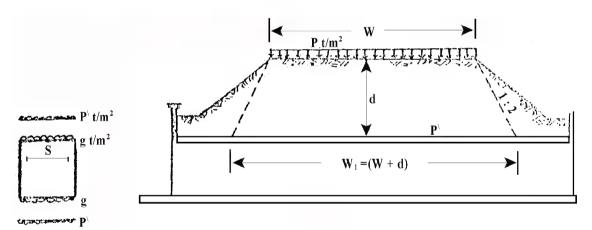
#### الحالة الثانية

إذا كان البربخ معرضا لأحمال حية مركزة. وفي هذه الحالة يمكن إعتبار الوضعين المبينين بالشكلين (٢-٩) ، (١-٢) ويتم حساب كثافة الحمل طبقا للمعادلتين (٢-٤) ، (١٥-٢) بالبند ((D.L)) . أما كثافة الحمل الميت ((D.L)) فيتم حسابها طبقا للمعادلة ((1-1)).

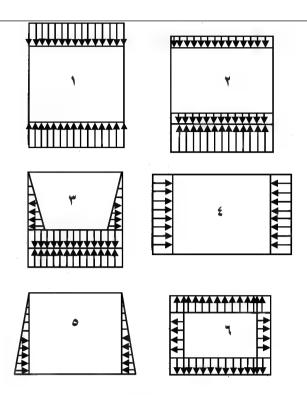
### ٢-١-٥ حالات التحميل للبرابخ ذات القطاع الصندوقي

يمكن حصر حالات التحميل على القطاع الصندوقي للبربخ في الحالات الست التالية والموضحة بالشكل (٢-٢).

- ١- حمل رأسي منتظم يشمل وزن التربة أعلى البربخ + الحمل الحي على طول البربخ.
  - ٢- الحالة (١) + وزن البربخ بكامل طوله.
- ٣- ضغطُ المياه الداخلية حتى أعلى القطاع الصندوقي والناتجة عن وزن المياه بكامل القطاع الصندوقي.
- 3- الضغوط العرضية الخارجية المنتظمة على جانبي القطاع الصندوقي والناتجة عن الحمل الحي الموزع على سطح التربة.
- الضغوط المثلثية العرضية الخارجية على جانبى القطاع الصندوقى والناتجة إما عن التربة المحيطة بالقطاع أو المياه الجوفية بالتربة المحيطة أو كليهما.
- ٢- الضغوط الهيدروستاتيكية الداخلية على قطاع البربخ نتيجة عمود الماء أعلى السطح العلوى للقطاع. وهذه الحالة يمكن إعتبارها في حالة المجارى المضغوطة Pressure Conduits ويمكن إهمالها في التصميم العادى للبرابخ. وعموما هذه الحالة من التحميل مرتبطة بحالة التحميل رقم (٣).



شكل (١-٢) بربخ ذو قطاع صندوقي معرض لأحمال حية موزعة منتظمة



شكل (٢-٢) حالات التحميل على القطاع الصندوقي للبربخ

۲-۱-۵- السمك العملى البلاطات القطاع الصندوقى البريخ ذى الفتحة الواحدة تعتبر القيم المعطاة هنا استرشادية فقط الإمكانية حساب جساءة بالطات القطاع الصندوقى للبربخ ذى الفتحة الواحدة الإستخدامها في التحليل الإنشائي له.

H or (S)	$t_1$ or $(t_2)$
1.00 m	0.20 - 0.25 m
1.50 m	0.25 - 0.30 m
1.75 m	0.30 - 0.35 m
2.00 m	0.35 - 0.40 m

.  $t_2, t_1, S, H$  يرجع إلى الشكل (۲-۲) لتوضيح المتغير ال

### ٢-١-٥- القوى الداخلية في قطاعات البرابخ وتصميم القطاعات

يتم حساب القوى الداخلية فى قطاعات البرابخ سواء كانت قطاعات دائرية (مواسير) أو قطاعات صندوقية بفتحة واحدة أو أكثر تحت تأثير حالات التحميل السابق ذكرها فى البنود السابقة وذلك بإستخدام طرق التحليل الإنشائى أو بإستخدام برامج على الحاسب الآلي. ويراعى تعريض القطاع لحالات التحميل التي تعطى القيم العظمى للقوى الداخلية بالقطاع. ويتم تصميم هذه القطاعات بعد ذلك طبقا لنوع المادة المستخدمة فى تنفيذ البربخ (خرسانة مسلحة حديد .....) بإستخدام الأكواد المصرية للتصميم أو الأكواد العالمية فى حالة عدم وجود كود مصرى للتصميم.

ملحوظة: يراعى إضافة أحمال الزلازل إلى حالات التحميل المختلفة في حالة البرابخ الكبيرة والهامة وتؤخذ هذه الأحمال طبقا للكود المصرى للأحمال.

### ٢-١-٦ حوائط المداخل والمخارج للبرابخ

يفضل أن تكون حوائط مداخل البرابخ (الحوائط الأمامية) من النوع الصندوقى Box Type وأن تكون حوائط مخارج البرابخ (الحوائط الخلفية) من النوع المائل الذي يتسع تدريجيا Splayed Type أو من نوع الأجنحة المنحنية الملتوية Warped Type كما هو موضح بالشكل (١٣-١).

فى الحوائط التى يقل إرتفاعها عن ٤ متر فإن حوائط المداخل والمخارج للبرابخ يمكن أن تكون كابولية حيث تتكون الحوائط الكابولية من ساق Stem وقدمه Toe وكعب Heel كما هو موضح بالشكل (٢-٢). ويمكن الإسترشاد بالأبعاد الوصفية الموضحة بالشكل.

عند زيادة إرتفاع الحائط الكابولى عن ٤ متر فيتم تدعيمه بإضافة دعائم Counterforts لحماية الساق وبلاطة الكعب وبلاطة القدمة على أن تنفذ الدعائم على مسافات من ٢,٥ - ٤,٥ متر وبحيث لا يقل سمك الساق عن ١٥ سم وذلك حسب ما هو موضح بالشكل (٢-١٤).

### ٢-١-٧ فواصل الإنشاء والتمدد والإنكماش لحوائط البربخ

#### ٢-١-٧-١ فواصل الإنشاء

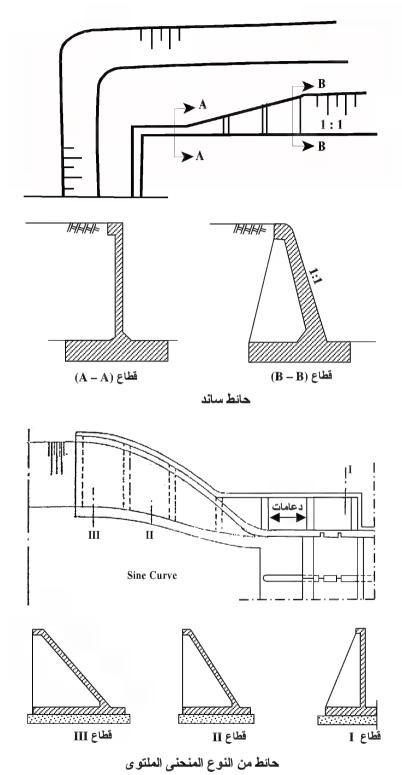
تنتج فواصل الإنشاء عن توقف صب الخرسانات بالموقع لسبب أو لأخر ، ولضمان استمرارية وتجانس جسم الحائط عند استئناف الصب يجب العناية بفواصل الصب والتي يمكن أن تأخذ أحد الأشكال الموضحة بالشكل (٢-١٥) ويمكن الرجوع إلى البند ٩-٥-٦ من الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشأت الخرسانية المسلحة والخاص بالشروط والاحتياطات لفواصل الصب (الإنشاء).

#### ٢-١-٧ فواصل التمدد

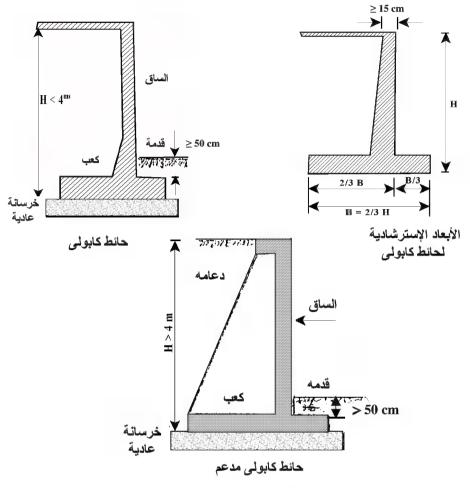
تعمل فو اصل التمدد للتحكم فى تمدد الحوائط عند تعرضها لدرجات الحرارة العالية أثناء النهار. ويمكن الرجوع إلى البند ٩-٥-٨ من الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بخصوص فو اصل التمدد و إشتر اطاتها.

### ٢-١-٧- فواصل الإنكماش

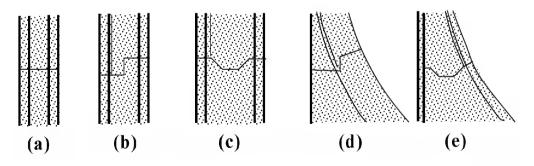
الغرض من هذه الفواصل هو تقليل الشروخ الناتجة عن إنكماش الخرسانة. ويمكن الرجوع إلى البند 9-٥-٧ من الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة وإلى الكود المصرى للأساسات بشأن أماكن فواصل الإنكماش الواجب إتخاذها بشأنها. ويمكن أن تزود فواصل الإنكماش في الحوائط بموانع Seals لمنع تسرب المياه من هذه الفواصل حيث تتكون هذه الموانع من شرائح معدنية أو من البيتومين أو من المطاط.



شكل (٢-١٣) أنواع حوائط المداخل والمخارج للبرابخ



شكل (٢-١) الحوائط الكابولية والمدعمة



شكل (٢-٥١) فواصل الإنشاء بحوائط المدخل والمخرج للبريخ

## Syphons السحارات ٢-٢

#### ۲-۲-۱ تعریف

السحارة هي منشأ مائي بغرض تمرير مجرى مائي تحت مجرى مائي أخر متقاطع معه.

#### ٢-٢-٢ معايير التصميم

- يتم تصميم السحار ات بإعتبار ها ممتلئة بالمياه.
- عند تقاطع المصارف مع الترع فإنه من الناحية الأقتصادية يختار المجرى ذو التصرف الصغير لتمر مياهه من خلال السحارة تحت المجرى ذى القطاع المائى الكبير.
- تعتمد كمية المياه المسموح بمرورها من خلال السحارات على مناسيب المياه بالمجارى المائية المتقاطعة وحجم التصرفات بها وأيضا الملاحة إن وجدت.

#### ٢-٢-٣ مواد إنشاء السحارة

### ٢-٢-٢ سحارات مبائى من الأحجار الدبش الصغيرة أو من الطوب القراميد

هذا النوع من السحار ات يعتبر طراز اقديما لا يستخدم حاليا ولكنه منتشر في السحار ات القديمة. وتنشأ سحار ات المباني على هيئة مباني مقوسة من أعلى ومن أسفل كما هو موضح بالشكل (7-1) وذلك لتلاشي أو تقليل الإجهادات الناتجة عن الإنحناء في قطاعات السحارة حيث أن مقاومة الشد المسموح بها في المباني لا تتعدى (7-1) من مقاومة الضغط لها. ويكون إرتفاع القوس العلوى أو السفلي في حدود (7-1) بحر الفتحة (7-1). ولا يقل سمك القوس عن (7-1) هي إرتفاع عمود المباني ذات فتحة واحدة أو أكثر كما هو موضح بالشكل (7-1). كما يمكن أن تبني سحار ات المباني بقطاع صندوقي من فتحة واحدة أو أكثر كما هو موضح بالشكل (7-1).

### ۲-۲-۲ سحارات معدنیة ذات قطاع دائری (مواسیر)

هذا النوع من السحارات شائع الإستخدام حتى الآن. ويتوقف قطر الماسورة المستخدم على التصميم الهيدروليكي لها. ويراعي ما يلي:

- أن يكون قطر الماسورة أقرب ما يمكن إلى عرض المجرى المائى المراد إمراره مع مراعاة إختيار الأنسب من الأقطار أو عدد المواسير لتفادى حدوث دوامات ما أمكن.
- إذا كان قطر المواسير أقل من وحتى ., ., . متر فتوضع المواسير على المناسيب المقررة فوق التربة مباشرة دون عمل أساسات خرسانية تحتها. أما المواسير ذات القطر الأكبر من ذلك فيتم عمل أساسات خرسانية تحتها إما منفصلة على شكل كراسي على مسافات مناسبة (لتفادى زيادة عزم الإنحناء بالمواسير) أو أساسات خرسانية مستمرة. وفي حالة الأساسات الخرسانية المستمرة فإن سمك هذه الأساسات يجب ألا يقل عن (0.30) متر حيث (0.30) قطر الماسورة بالمتر.
- إذا كانت طبيعة التربة رملية فيكفى وضع المواسير أيا كان قطرها خلال الرمل حيث أنه يصون مادة صلب المواسير.
- يمكن وضع السحارة المعدنية أفقية أو مائلة طبقا للمناسيب والإحتياجات بالموقع. وفي حالة السحارة المائلة فإنه طبقا للشكل (٢-١٧) يجب أن تكون أعلى نقطة في الماسورة (A) على منسوب لا يقل عن ٥٠,٠ متر من منسوب المياه التصميمية. كما أن منسوب مخرج الماسورة عند نقطة (B) يكون مماسا لأعلى فرش حائط المخرج. وفي حالة سحارة ذات جزء مائل وجزء أفقى كما هو موضح بالشكل (٢-١٧) فيجب مراعاة أن تكون النقطة (C) بنهاية الجزء المائل عند إتصاله بالجزء الأفقى أوطى بمقدار لا يقل عن ٥٠,٠ متر من منسوب قاع المجرى المائى وذلك للسماح ببناء التكاسى الدبش بالمونة بقاع المجرى بالإضافة إلى سمك طبقة الدبش للحماية وطبقا لإحتياجات التصميم.

- إذا كان الفرق بين منسوبي النقطتين (A), (C) بالشكل ( $^{1}V-^{1}$ ) أقل من 1 متر فتستعمل المواسير المعدنية المستقيمة وإذا زاد عن ذلك تستعمل المواسير المائلة. وفي حالة المواسير المائلة فإنه يمكن إهمال الفاقد في الكوع (بين الجزء الأفقى والمائل) إذا كانت زاوية الميل  $\theta$  على الأفقى أقل من أو تساوى  $^{0}$  (شكل  $^{1}V-^{1}$ ).
- تنشأ حوائط من المبانى فى مداخل ومخارج السحارات المعدنية (المواسير) إذا زادت الأقطار عن .٠٠٠ متر وتمثل هذه الحوائط درعا ووقاية (حوائط الحماية) Breast Walls للمواسير.
- تنشأ الحوائط عمودية على إتجاه تيار المياه. وفي حالة ما إذا كانت الحوائط مرتفعة بشكل ملحوظ فيتم عمل عقود تخفيف حلقية Relief Ring Arches فوق المواسير لحمايتها من الأضرار التي قد تنشأ بسبب وزن الحائط كما هو موضح بالشكل (١٨-٢).
  - يمكن الاسترشاد بالأبعاد والمقاسات التالية والمبينة بالشكل (٢-١٨).

$$b = (0.415 H + 0.05 h)$$

عرض الحائط من أسفل (فوق الفرش)

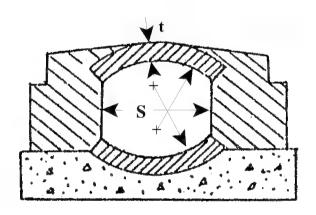
b' = (0.165 H + 0.05 h)

عرض الحائط من أعلى (على منسوب المسطاح)

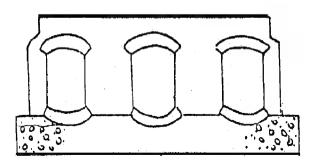
t = (0.4 D + 0.12 H)

سمك الفرش تحت المو اسير

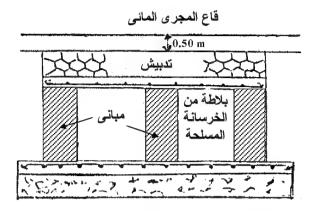
- القصص الخلفية تجاه أتربة الردم على أبعاد تدرج كل قصة (١٣٠، متر) لكل ٥,٥٠ متر إرتفاع .
- اذا كانت طبيعة التربة رخوة فإنه لمنع الإنحناء في المواسير المعدنية يتم طمرها بالخرسانة Embedded in Concrete ويساعد هذا أيضا في حماية المواسير من الصدأ كما يساعد على مقاومة ضغط المياه داخل المواسير.
- إذا كان قطاع السحارة المعدنية يتكون من أكثر من ماسورة فإن المسافة البينية الصافية بين ماسورتين متجاورتين تتراوح بين ٠,٥٠ متر.



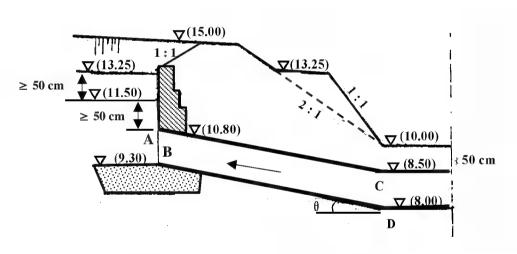
سحارة من فتحة واحدة مقوسة من أعلى ومن أسفل



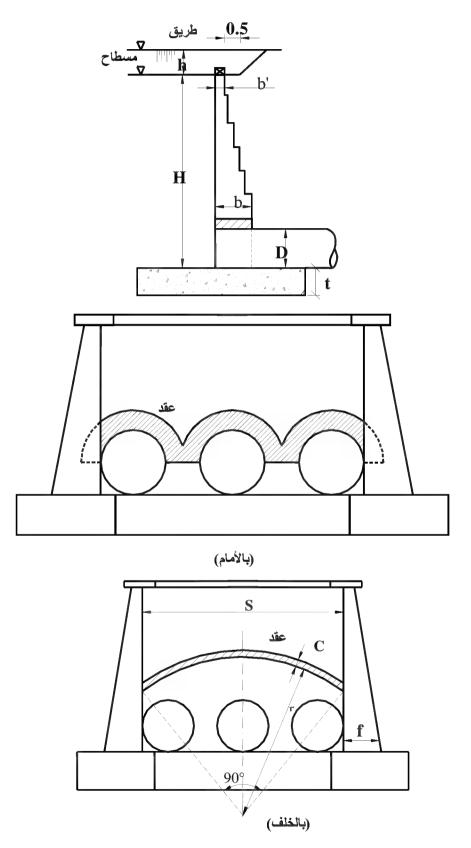
### سحارة من ثلاث فتحات مقوسة من أعلى ومن أسفل



سحارة ذات قطاع صندوقى من فتحتين شكل (٢-١٦) قطاعات في سحارات مبانى ذات فتحة واحدة أو أكثر



شكل (۲-۱۷) سحارة معدنية (ماسورة) مائلة



## شكل (٢-٨١) حوائط المبائى في المداخل والمخارج للسحارات المعدنية ٣-٣-٢-٣ سحارات من الخرسانة

يمكن إستخدام سحارات من الخرسانة العادية ذات قطاع دائرى (مواسير) حتى قطر ٠,٦٠ متر وتوضع على قاعدة مستمرة من الخرسانة العادية.

تستخدم مواسير من الخرسانة المسلحة سابقة الصب حتى قطر ٢ متر وبطول يتراوح بين ٢ - ٣ متر كسحارات مع ربط المواسير ببعضها بجلب من الخرسانة المسلحة سابقة الصب وتزود بفواصل التمدد وتدهن بالبيتومين لجعل هذه الفواصل كتيمة للمياه Water Tight .

في السحار ات كبيرة الحجم تستخدم القطاعات الصندوقية من الخرسانة المسلحة التي تصب في الموقع.

#### ٢-٢-٤ التصميم الهيدروليكي للسحارات

### Head Loss (H<sub>L</sub>) فاقد ضغط المياه ١-٤-٢

- فاقد ضغط المياه في شبك الأعشاب أمام المدخل hscreen . يمكن حساب هذا الفاقد من المعادلة التالية :

$$h_{screen} = B \left(\frac{t}{s}\right)^{4/3} \sin \alpha \frac{V_a^2}{2g}$$
 (2-18)

حبث

سرعة المياه في المدخل $\mathbf{V}_a$ 

 $(\xi-1)$  معامل بدون أبعاد يتوقف على شكل الشبك طبقا للشكل B

ا سمك خوص الشبكة t

S = المسافة بين الخوص

وزاوية ميل الشبك على الأفقي  $\theta$ 

g = عجلة الجاذبية الأرضية

- فاقد ضغط المياه بالاحتكاك بجدر ان السحارة hfriction يحسب هذا الفاقد من المعادلة التالية :

$$h_{friction} = f \frac{L}{m} \frac{V^2}{2g}$$
 (2-19)

$$f = a \left(1 + \frac{b}{m}\right)$$
 (2-20)

حبث

المحيط المبتل من قطاع السحارة m المحيط المبتل من قطاع السحارة m

L = de السحارة

V = m عة المياه في السحارة

a, b معاملان طبقا للجدول (1-1) حيث تختلف العلاقة بينهما بإختلاف نوع المادة المصنوع منها السحارة

### - فاقد ضغط المياه في المدخل hentrance

$$h_{entrance} = C_1 \times \frac{V^2}{2g} \tag{2-21}$$

حيث

Square Corners في المداخل ذات القطاع المربع المداخل ذات القطاع المربع

Tapering Inlet في المداخل المسلوبة ، ۲۰ =  $C_1$ 

Bell Mouthed Entrance في المداخل ذات قطاع على هيئة جرس المداخل ذات قطاع على المداخل ذات قطاع على المداخل ذات قطاع على المداخل ألم المداخل المداخ

 $\hat{V} = M = M = M = M$  سرعة المياه في السحارة

ملاحظة: في حالة الحوائط المنحنية الملتوية في المداخل Warped Walls (شكل ٢-١٣) فإن الفاقد في المدخل يمكن حسابه كما يلي:

$$h_{entrance} = \frac{0.1 \,(V^2 - V^2)}{2g} \tag{2-22}$$

حيث

v = w سرعة المياه المتوسطة في المجرى المائي

- فاقد ضغط المياه في المخرج <u>hexit</u>

$$h_{exit} = C_2 \times \frac{V^2}{2\varrho} \tag{2-23}$$

(19-7) معامل يتوقف على شكل المخرج كما هو موضح بالشكل (19-7)

ملاحظة: إذا كانت حوائط المخرج من نوع الحوائط المنحنية الملتوية (شكل ٢-١٣) فإن الفاقد في المخرج يمكن حسابه كما يلي:

$$h_{exit} = \frac{0.2 \,(V^2 - v^2)}{2g} \tag{2-24}$$

حيث

سرعة المياه في السحارة V

v = v المياه المتوسطة في المجرى المائي

إذا كان المخرج يزيد في الإتساع تدريجيا فإن سرعة المياه تقل تباعا ويكون الفاقد في المخرج كبير ويعتمد ذلك على زاوية الإنفراج للمخرج Angle of Divergence

- فاقد ضغط المياه في منحنى السحارة  $h_{bend}$ : في حالة السحارات التي تحتوى على جزء أفقى وجزء مائل فإن الوصلة بين الجزئين يمكن أن تنفذ على في حالة السحارات التي تحتوى على جزء أفقى وجزء مائل فإن الوصلة بين الجزئين يمكن أن تنفذ على شكل منحنى Bend أو كوع Elbow وفي حالة المنحني فإن الفاقد في ضغط المياه يمكن أن يحسب

$$h_{bend} = C_3 \times \frac{V^2}{2g} \times \frac{\theta}{90}$$
 (2-25)

v = سرعة المياه في السحارة

و اوية ميل محور الجزء المائل على الإتجاه الأفقى بالدرجات  $\theta$ 

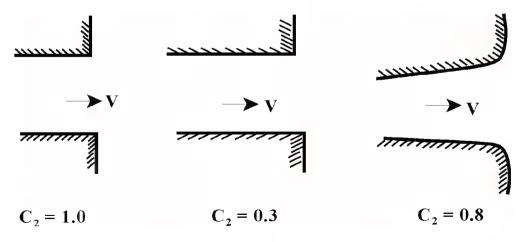
ويتوقف المعامل  $C_3$  على النسبة ويتوقف

r= نصف قطر القطاع الدائرى للسحارة أو نصف إرتفاع القطاع الصندوقى لها R= نصف قطر الإنحناء للسحارة كما يتضح من الشكل (7-7)

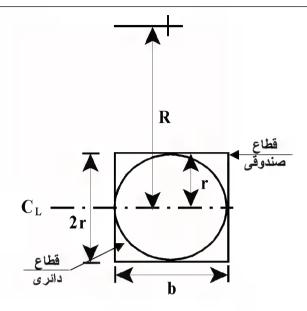
ويمكن حساب المعامل  $C_3$  من الجدول (٢-٢) التالى:

جدول (۲-۲)

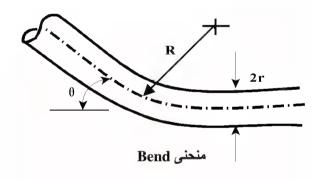
٠,٧٠	٠,٦٠	٠,٥٠	٠,٤٠	٠,٣٠	٠,٢٠	$\frac{r}{R}$ النسبة
						للقطاع الدائرى للسحارة $\mathbb{C}_3$
1,+1	٠,٦٤	٠,٤٠	٠,٢٥	٠,١٨	٠,١٣	للقطاع الصندوقى للسحارة $\mathbb{C}_3$

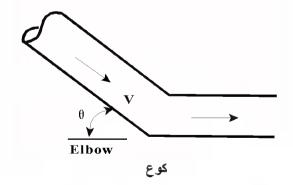


شكل (١٩-٢) المعامل  $C_2$  لحساب الفاقد في المخرج للسحارات

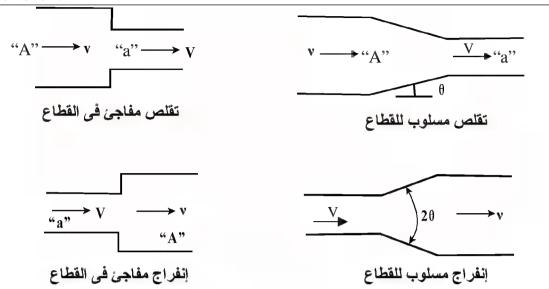


شكل (٢-٠٢) الفاقد في منحنى السحارة





شكل (٢-٢١) الفاقد في كوع السحارة



شكل (٢-٢) الفاقد في السحارة نتيجة تقلص وإنفراج القطاع

- فاقد ضغط المياه في كوع السحارة  $h_{elbow}$ : في حالة وجود كوع بين الجزء المائل والجزء الأفقى للسحارة كما هو موضح بالشكل (٢-٢١) فإن الفاقد في ضغط المياه في الكوع يحسب كما يلي:

$$h_{elbow} = C_4 \times \frac{V^2}{2g} \tag{2-26}$$

$$C_4 = \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2\sin^4 \frac{\theta}{4} \tag{2-27}$$

V = u مرعة المياه في السحارة

الأفقى بالدرجات المائل من السحارة على الإتجاه الأفقى بالدرجات  $\theta$ 

وتتوقف قيمة المعامل  $C_4$  على الزاوية  $\theta$  طبقا للجدول (٣-٢) التالى :

جدول (۲-۳)

٩.	۸۰	۳.	٤٠	۲.	$\theta_{o}$
1, * *	٠,٧٥	٠,٣٩	٠,١٤	٠,٠٣	C <sub>4</sub>

ملحوظة: يفضل تتفيذ المنحنيات بدلا من الأكواع في السحارات لتقليل الفواقد.

### - الفاقد في ضغط المياه نتيجة تقلص القطاع hcontraction:

يتم فى بعض الأحيان تقليص قطاع السحارة مما يؤدى إلى زيادة سرعة المياه داخل القطاع الأصغر وينتج عن ذلك فقد فى ضغط المياه داخل السحارة. ويمكن أن يكون هذا التقلص مفاجئا Sudden أو أن يكون التقلص مسلوبا Tapered كما هو موضح بالشكل (٢٠-٢) ويحسب الفاقد نتيجة تقلص القطاع كما يلى:

$$h_{contraction} = C_5 \times \frac{V^2}{2g}$$
 (2-28)

حيث V = w على النعاه الأكبر في قطاع السحارة (السرعة في القطاع الأصغر بعد التقلص). وتعتمد قيمة المعامل  $C_5$  على النسبة بين مساحة قطاع السحارة بعد التقلص (a) وقبله (A) طبقا للجدول (٤-٢) التالى:

### جدول (۲-٤)

			٠,٦٠						
٠,٠٨	٠,١٦	٠,٢١	٠,٢٦	٠,٣٠	٠,٣٤	٠,٣٩	• , ٤٣	٠,٤٧	C <sub>5</sub>

### $\underline{h}_{\mathrm{enlargement}}$ الفاقد في ضغط المياه نتيجة إنفر اج القطاع

يتم في بعض الأحيان زيادة قطاع السحارة Enlargement (إنفراج القطاع) مما يؤدى إلى تقليل سرعة المياه في السحارة ويؤدى إلى فقد في ضغط المياه. ويمكن أن يكون هذا الإنفراج مفاجئا أو مسلوبا طبقا للشكل (٢٠-٢). ويحسب الفاقد في ضغط المياه نتيجة إنفراج القطاع من المعادلة التالية:

$$h_{enl\,\arg\,ement} = \left[ \left( 1 - \frac{\mathbf{a}}{\mathbf{A}} \right)^2 \, \operatorname{Sin}\,\boldsymbol{\theta} \right] \frac{\mathbf{V}^2}{2g} \tag{2-29}$$

حبث

V = V السرعة القصوى للمياه في السحارة

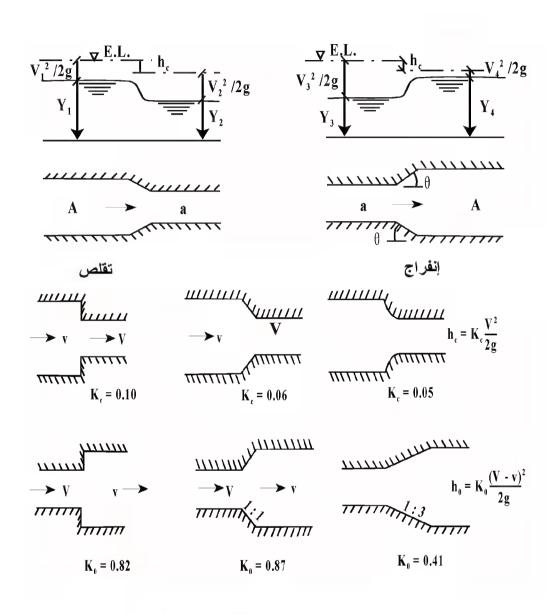
Flare Angle زاوية الإنفراج  $= 2\theta$ 

a = مساحة قطاع السحارة قبل الإنفراج

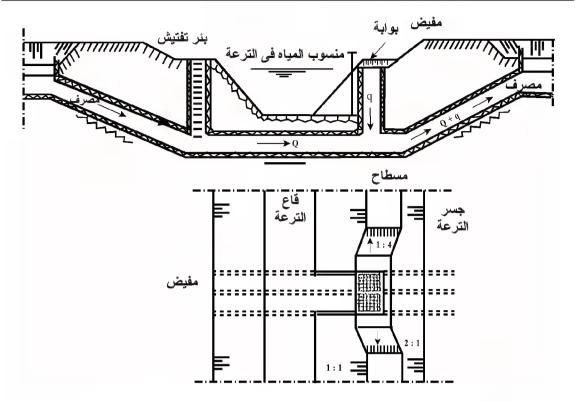
A = مساحة قطاع السحارة بعد الإنفراج

- فاقد ضغط المياه في الانتقالات بين الحوائط Transition between Wing Walls يتغير قطاع المجرى في المدخل من شكل شبه المنحرف إلى شكل المستطيل من خلال حوائط الأجنحة وكذلك في المخرج يتغير القطاع من شكل المستطيل إلى شكل شبه المنحرف. وفي كلا الحالتين تحدث الفواقد في ضغط المياه نتيجة التقاص والإنفراج في المجرى المفتوح بسطح مائى حر. ويمكن حساب هذه الفواقد طبقا للشكل (٢-٣٢).

وبذلك يكون الفاقد الكلى لضغط المياه في السحارة  $H_L$  هو مجموع مركبات الفواقد السابق ذكرها.



شكل (٢-٢٣) حساب فاقد ضغط المياه في الانتقالات بين الحوائط



شكل (٢-٤٢) سحارة مزودة بمفيض لإمكان تفريغ الترعة للصيانة

فى بعض الحالات الخاصة التى تتطلب تصريف مياه من الترعة بغرض تفريغها لصيانتها خلال مدة معينة عن طريق السحارة وصرفها إلى المجرى الأسفل (المصرف) فتزود السحارة بمفيض لهذا الغرض Intermediate Escape كما هو موضح بالشكل (٢٤-٢).

فى بعض الحالات يطلب التحكم فى التصرفات داخل السحارة وذلك باستعمال أخشاب الغما Regulating Timbers أو البوابات الحديدية Gates لتتحرك داخل الدروندات المجهزة بحوائط مبانى المدخل كما هو موضح بالشكل (٢٥-٢).

### ۲-۲-۲ الطمو (العلو أو الصاعد) Heading Up

يرتفع منسوب الأمام بالمجرى المائى بعد إنشاء السحارة لإعتراض المنشأ لمساحة المقطع المائى بينما يبقى المجرى المائى بالخلف كما هو أى بنفس منسوبه قبل إنشاء السحارة. والفرق بين منسوبى المياه بالأمام والخلف يسمى بالطمو ويمثل مجموع الفواقد فى ضغط المياه  $H_L$  (شكل Y-7).

قيمة الطمو المسموح به في السحارة لا يزيد عن ٢٠ سم.

يجب ألا تزيد سرعة المياه في السحارة في حالة أقصى تصرف عن ( Y | L ) مرات سرعة المياه في المجرى المائي على ألا تزيد عن ( Y ) متر ( Y ).

#### ٢-٢- التصميم الإنشائي للسحارة

#### ٢-٧-٥-١ حالات التحميل

طبقا للشكل (٢-٢٦) فإن حالات التحميل التي يجب إعتبار ها عند تصميم السحارات هي الحالات التالية:

### الحالة الأولى

السحارة فارغة من المياه و الترعة (المجرى المائي) مملوءة بالمياه حسب ما يوضحه القطاعان (I-I) ، (I-I) بالشكل (Y-Y) . و الأحمال المؤثرة على كل من القطاعين هي التالية :

قطاع (I - I): الحمل الحي L.L، الضغط الخارجي للمياه و التربة ، الحمل الميت الخارجي D.L. قطاع (I - II): الضغط الخارجي للمياه و التربة ، الحمل الميت الخارجي.

### الحالة الثانية

السحارة مملوءة بالمياه و الترعة (المجرى المائي) فارغة حسب ما يوضحه القطاعان (III – III) ، IV - IV) بالشكل (V - V). و الأحمال المؤثرة على كل من القطاعين هي التالية :

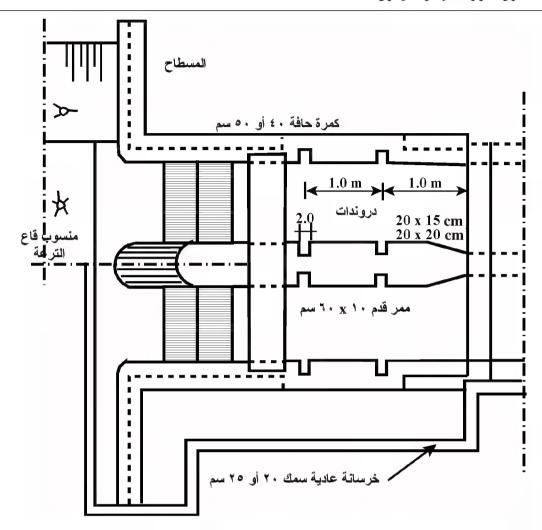
قطاع (III – III): ضغط التربة الجافة من الخارج ، ضغط المياه داخل السحارة ، الحمل الميت الخارجي.

قطاع (IV – IV): مثل قطاع (III – III) مع زيادة الضغط الخارجي والحمل الميت لزيادة إرتفاع التربة أعلى السحارة.

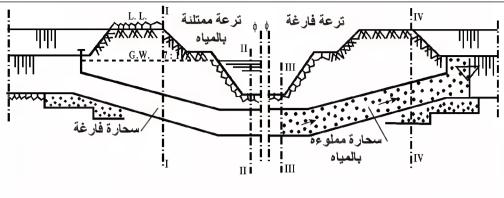
ويلاحظ أن القطاعين (I - I) ، (II - III) هما القطاعان الحرجان للتصميم للسحار ات.

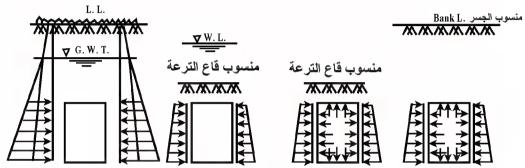
ملحوظة: يراعى إضافة أحمال الزلازل إلى حالات التحميل المذكورة فى حالة السحارات الكبيرة والهامة وتؤخذ هذه الأحمال طبقا للكود المصرى للأحمال.

كما يلاحظ أن حالات التحميل المذكورة هي حالات عامة سواء كان قطاع السحارة صندوقيا أو دائريا أو خلاف ذلك.

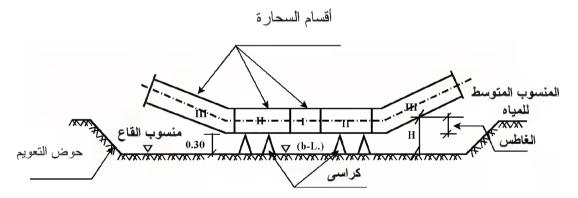


شكل (٢-٥٢) سحارة مزودة ببوابات للتحكم في التصرفات داخل السحارة





شكل (٢-٢٦) حالات التحميل للسحارة



شكل (٢-٢٧) تعويم السحارات

## ٢-٢-٥-٢ التصميم المبدئي للسحارات ذات القطاع الدائري (مواسير) من الخرسانة العادية

يتم حساب سمك جدار ماسورة السحارة من الخرسانة العادية (t) من المعادلة التالية:

$$t = \frac{\mathrm{Dh}}{\mathrm{2f}} \tag{2-30}$$

حيث

D = القطر الداخلي للماسورة

h = |v| ارتفاع عمود الماء في الأمام (.U.S.) ويقاس من منسوب سطح الماء في المجرى المائي وحتى مركز الماسورة

أعلى الشد المسموح به في الخرسانة العادية f

### ٢-٢-٥-٣ التصميم المبدئي للسحارات المعدنية ذات القطاع الدائري (مواسير)

يتم حساب سمك جدار ماسورة السحارة المعدنية (t) من المعادلة التالية:

$$t = \frac{\mathrm{D}\,\mathrm{h}}{\mathrm{2}\,\mathrm{f}_{\mathrm{s}}} \tag{2-31}$$

حيث

D = القطر الداخلي للماسورة

h = 1 إرتفاع عمود الماء في الأمام (.U.S.) ويقاس من منسوب سطح الماء في المجرى المائي وحتى مركز الماسورة

 $f_{
m s}=f_{
m s}$  إجهاد الشد المسموح به في الحديد (وير اعي تخفيضه نظر اللعمر الدائم للماسورة في الماء)

و عادة ما يزاد السمك المحسوب من المعادلة (٢-٣١) بمقدار من ١ إلى ٢ مم لمقابلة إحتمال صدأ الماسورة.

ويراعى إضافة أعصاب تقوية Stiffners عند القطاعات التي تلتقى عندها قطع المواسير المكونة للسحارة.

ويتراوح السمك العملى للمواسير من الحديد الصلب من ١٠ إلى ١٥ مم ويمكن استرشاديا حساب هذا السمك من العلاقة:

$$t = 0.35 (D + 1)$$
 (2-32)

حيث

t = t السمك بوحدات سم

D = القطر الداخلي للماسورة بوحدات المتر

### ٢-٢-٥-٤ تصميم السحارات الخرسانية المسلحة

يتوقف هذا التصميم على طبيعة الأساسات المحمولة عليها السحارة والتى يمكن أن تكون على شكل كراسي منفصلة من الخرسانة العادية أو على شكل أساسات مستمرة من الخرسانة.

فى حالة السحارة الماسورة المرتكزة على كراسى من الخرسانة العادية على مسافات فإنها تصمم بإعتبارها كمرة مستمرة غير محددة أستاتيكيا تحت تأثير الأحمال السابق ذكرها فى البند (٢-٢-٥-١). وفى هذه الحالة يجب التفرقة بين وضعين مختلفين عند حساب عزوم الإنحناء القصوى فى الماسورة.

- اذا كان عمق أتربة الردم فوق مركز الماسورة أقل من ٣ متر فإنه يمكن إهمال عزوم الإنحناء الطولية الناتجة عن وزن أتربة الردم فوق الماسورة.
- ٢- إذا كان عمق أتربة الردم فوق مركز الماسورة أكبر من ٣ متر فإنه لإهمال عزوم الإنحناء الطولية الناتجة عن وزن أتربة الردم فوق الماسورة يلزم أن يكون قطر الماسورة مساويا ٠,٢ من عمق أتربة الردم فوق مركز الماسورة.

تتعرض القطاعات للسحارات من الخرسانة المسلحة إلى حالات التحميل المذكورة في البند (٢-٢-٥-١) سواء كانت ذات فتحة و احدة أو أكثر.

### ٢-٢-٥ القوى الداخلية في قطاعات السحارات وتصميم القطاعات

يتم حساب القوى الداخلية في قطاعات السحار ات سواء كانت قطاعات دائرية (مواسير) أو قطاعات صندوقية بفتحة واحدة أو أكثر وأيا كان نوع المادة المستخدمة في السحارة تحت تأثير حالات التحميل السابق ذكرها في البند (٢-٢-٥-١) وذلك بإستخدام طرق التحليل الإنشائي أو بإستخدام برامج على الحاسب الآلي. ويتم تصميم هذه القطاعات بعد ذلك طبقا لنوع المادة المستخدمة في السحارة (خرسانة حديد - .....) بإستخدام الأكواد المصرية للتصميم أو الأكواد العالمية في حالة عدم وجود كود مصرى للتصميم.

### ٢-٢-٢ تعويم وتغويص السحارات المعدنية تحت المجارى المائية المتقاطعة

### ٢-٢-٢ بيانات عن السحارة

يجب تجميع البيانات التالية عن السحارة المراد تعويمها أو تغويصها:

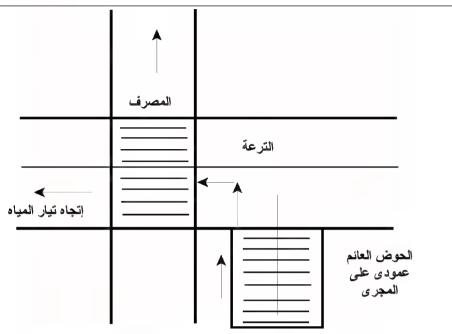
- الطول الإجمالي للسحارة شاملا الأجزاء المستقيمة والأجزاء المائلة والمدخل والمخرج تحت الجسور (بالمتر).
- الوزن الكلى للسحارة شاملا الوزن العائم ووزن المدخل والمخرج (بالطن). ويراعى زيادة هذا الوزن بنسبة ٣ % من وزن الأجزاء المطلوب تعويمها وتغويصها كمعامل أمان.
  - القطر الداخلي للمواسير (بالمتر).
  - مساحة المقطع الداخلي للمواسير (بالمتر المربع).
    - سمك جدار المواسير (بالسنتيمتر).
  - مساحة المقطع الخارجي للمواسير (بالمتر المربع).
  - معامل القطاع (Section Modulus (Z = I / y) المتر المكعب).
    - رتبة الحديد المستخدم في تصنيع السحارة.
    - الإجهاد الأقصى للشد في الحديد (كجم / سم ).
    - الإجهاد المسموح به للمواسير تحت الماء (كجم / سم).
    - أبعاد حوض التعويم (الطول x عرض القطاع المائي) (بالمتر).

- . منسوب قاع حوض التعويم.
- أبعاد حوض التغويص (الطول x العرض) (بالمتر) Sinking Basin Dimensions .
  - منسوب قاع حوض التغويص.
  - المنسوب المتوسط للمياه (.W.L.) في المجرى المطلوب التغويص به.

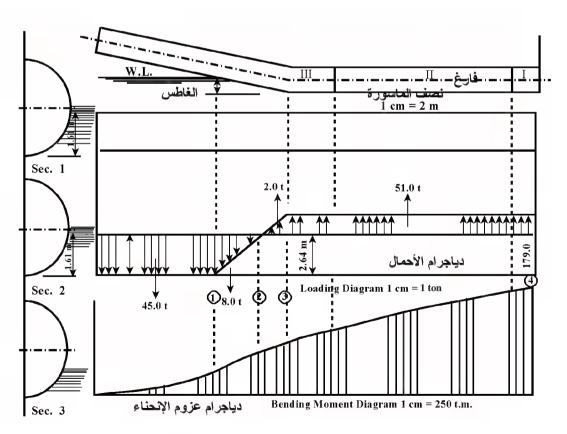
### ٢-٢-٢ مرحلة التعويم

الغرض من الحسابات التصميمية لمرحلة التعويم هو جعل مواسير السحارة تعوم بأمان وذلك إما بإضافة عوامات جانبية أو بإستخدام شدادات للمحافظة على الإتزان أثناء السحب والتغويص. وهذا يتطلب الآتى حسب ما هو موضح بالشكل (٢-٢٧):

- ألا يزيد غاطس السحارة Draught عن الحد المسموح به طبقا للحسابات التصميمية.
- إجراء المحاولات المختلفة لإيجاد الصيغة المناسبة لتعويم مواسير السحارة مع مراعاة الآتى:
  - . منسوب قاع حوض التعويم.
  - . المنسوب المتوسط للمياه في المجرى المائي (H) .
  - الخلوص بين أسفل جسم السحارة وقاع حوض التعويم لا يقل عن ٠,٣٠ متر تقريبا.
    - عمق الجزء الغاطس من السحارة.
- أن تكون مساحة الحوض كافية لإستيعاب السحارة بكامل مشتملاتها بالإضافة إلى وجود مساحات كافية لدخول المعدات و القاطرة ومناورتها بأمان في الحوض.
- . يختار موقع حوض الإنشاء والتعويم ليكون متعامدا مع المجرى المراد التغويص به وعلى أن يكون أقرب ما يمكن لموقع التغويص وبحيث يتم إنشاء السحارة بداخله وتحمل على كر اسى بإرتفاعات تفى بالمتطلبات الإنشائية للتعويم وفى أوضاع تمكن جسم السحارة من التعويم للوصول إلى موقع التغويص دون دور انها المفاجئ Sudden Tilting كما هو موضح بالشكل (٢٨-٢).
- يتم حساب منسوب قاع حفر الحوض ليفى بمتطلبات عمق الغاطس من جُسم السحارة والذى يفى باتزان السحارة أثناء التعويم كما يعطى خلوصا كافيا ليتحرر جسم السحارة من فوق الكراسى الحاملة لله ودون إعاقة وحتى يمكن سحب الكراسى أسفل جسم السحارة بسهوله بعد تعويمها.
- يتم حساب الإجهادات الناشئة بجسم السحارة في قطاعاتها المختلفة والتأكد من عدم تعديها للإجهاد الأقصى المسموح به لنوع الحديد المصنع منه السحارة والمغمور دائما في الماء.
- يتم إختيار بعض مواسير جسم السحارة وتقسيمها بطبب داخلية وتحويلها إلى غرف مقفلة Compartments لها محابس جانبية تسمح بدخول الماء وخروج الهواء من داخلها أثناء عمل المحاولات الحسابية لإستنتاج مقدار الغاطس من جسم السحارة والإجهادات الناشئة عنه في جسم السحارة والدثر (الديفر امات) العرضية الرابطة وذلك عن طريق عمل محاولات بإدخال الماء جزئيا إلى بعض الغرف بالتبادل وحساب الإجهادات الناشئة في كل محاولة على حدة كما هو موضح بالنموذج المبين في شكل (٢٩-٢).
- يتم عمل مقارنة لنتائج المحاولات المختلفة وإختيار أنسبها من ناحية الإجهادات ومقدار الغاطس الذى يتلاءم مع عمق المياه المتاح بمجرى موقع العمل ومناسيب قيعان حوض الإنشاء والتعويم وكذا المجرى حتى وصول السحارة إلى موقع التغويص.



شكل (٢٨-٢) موقع حوض الإنشاء والتعويم بالنسبة للمجرى المراد التغويص به



شكل (٢-٢) إحدى محاولات تعويم السحارة - السحارة بكاملها فارغة من المياه

### ۲-۲-۲ مرحلة التغويص Sinking State

يجب عمل الحسابات التصميمية اللازمة لعملية تغويص السحارة بغرض التحقق من أن مواسير السحارة تغوص تدريجيا وبأمان. ولذلك يلزم التحقق من تجنب الآتى:

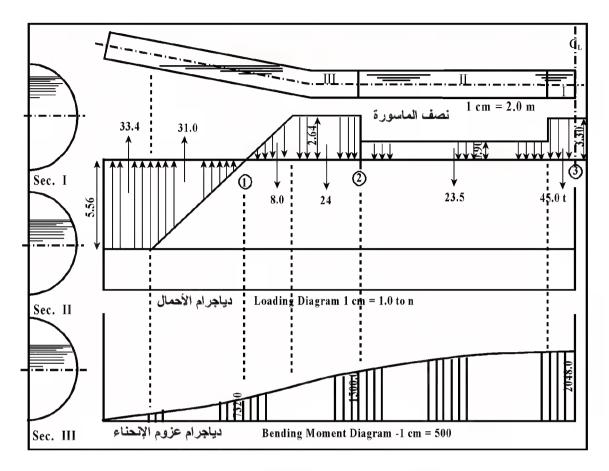
- . الإجهادات العالية التي تتعدى الإجهاد المسموح به في جسم السحارة.
- الميل المفاجئ للسحارة بمعنى أنه يجب حفظها أفقيا أثناء التغويص.
  - السقوط المفاجئ للسحارة بمعنى أنه يجب تغويصها تدريجيا

يتم تدبير كميات المواد التى تلزم للردم فوق جسم السحارة فور تغويصها مع تحديد نوعها بحيث تحقق ثبات جسم السحارة وإتزانها. وهذه المواديجب أن تكون متوفرة بالموقع قبل بدء عملية التعويم والسحب والتغويص.

يبدأ العمل فى تغويص السحارة بعد سحبها إلى موقعها وربطها بالحبال من أركانها الأربعة للتحقق من تطابق محاورها ثم يتم فتح محابس دخول المياه للغرف لتبدأ فى الغوص. وفى هذه المرحلة يتم مراقبة إتزان جسم السحارة بحيث يتم التحكم فى ذلك بالسيطرة على معدل فتح المحابس ودخول المياه للغرف لتجنب حدوث ميل فى أى من الإتجاهين الطولى والعرضى وضمان وصول السحارة إلى موقعها الصحيح.

تتبع خطوات العمل التالية بعد عملية التغويص مباشرة:

- يتم قفل محابس دخول المياه وخروج الهواء وتطبيبها بالكامل.
- يبدأ في الردم فوق المواسير فور تغويصها وبالسمك الكافي لثبات جسم السحارة بموقعها النهائي بالمجرى.
- يبدأ في إزالة الطبب الداخلية لجعل مواسير السحارة تسمح بمرور المياه من خلالها بكامل طولها ودون إعاقة.
- تعمل المحاولات المختلفة لإيجاد الصيغة المناسبة لتغويص مواسير السحارة بهدوء وأمان مع حساب الإجهادات في جسم السحارة في قطاعاتها المختلفة والتأكد من إتزانها في الوضع الأفقى في كل محاولة على حدة كما هو موضح بالنموذج المبين في شكل (٢-٣٠).
- يتم عمل مقارنة بين نتائج المحاولات المختلفة وإختيار أنسبها من ناحية الإجهادات في قطاعات السحارة و الإتزان الأفقى لها.



شكل (٢-٠٣) إحدى محاولات تغويص السحارة

### Aqueducts البدالات ۳-۲

### ۲-۳-۲ تعریف

البدالة هي منشأ الغرض منه تمرير مياه مجرى مائي معين فوق مجرى مائي أخر متقاطع معه. شكل (٢ - ٣١).

### ٢-٣-٢ المجال ومواصفات عامة

فى حالة البدالات ذات البحور الصغيرة التى لا تستلزم تغيير أرانيك المجارى المارة تحتها يكون الخلوص Clearance بين منسوب الراسم السفلى للبدالة أو الراسم السفلى للجمالون الحامل للبدالة - إن وجد - وأعلى منسوب للمياه المارة تحت البدالة لا يقل عن ٣٠ سم وبحيث لا يؤثر على تدفق المياه بالمجرى أسفل البدالة.

البدالات ذات البحور الكبيرة تزود بدعامات Supports بالمجرى أسفلها ويفضل ألا تقل هذه الدعامات عن أثنين وتكون من الحديد الصلب أو المبانى أو الخرسانة المسلحة أو الخوازيق البريمية.

### ٣-٣-٢ أنماط البدالات

### Masonry Aqueducts بدالات مبانی ۱-۳-۳-۲

نموذج هذا النمط من البدالآت موضح بالشكل (٢-٣٢).

#### ٢-٣-٣ بدالات من الحديد الصلب

ويكون هذا النمط من البدالات مفتوحا أو مغلقا كما هو موضح بالشكل (٢-٣٣).

### ٢-٣-٣ بدالات خرسانية مسلحة

ويوضح الشكل (٢-٣٤) نماذج لهذا النمط من البدالات.

### ٢-٣-٣ بدالات بالستيكية

ويصنع هذا النمط من البدالات من البولي فينيل كلوريد (P.V.C. ) أو البولي أثيلين (P.E.) ويستخدم في الأجزاء من البدالات التي تنشأ تحت جسور المجاري المائية.

### ٢-٣-٤ التصميم الهيدروليكي للبدالات

### Head Loss (HL) فاقد ضغط المياه المياه ١-٤-٣-٢

 $h_{\text{screen}}$  (ان وجد) فاقد ضغط المياه في شبك الأعشاب أمام المدخل (ان وجد) فاقد من المعادلتين (Y-Y) و (Y-Y) و شكل (Y-Y)

فاقد ضغط المياه في المدخل  $h_{\text{entrance}}$  و الشكل  $(^{\circ}-^{\circ})$ 

فاقد ضغط المياه بالاحتكاك بحو ائط وجدر ان البدالة hfriction

ويحسب هذا الفاقد من المعادلة  $(\xi-Y)$  ، ولحساب قيمة  $C_{friction}$  في هذه المعادلة :

- في حالة البدالات المواسير (قطاع دائري) تطبق المعادلة (-0).
- في حالة البدالات ذات القطاع الصندوقي تطبق المعادلة (٢-٢) و الجدول (١-١).

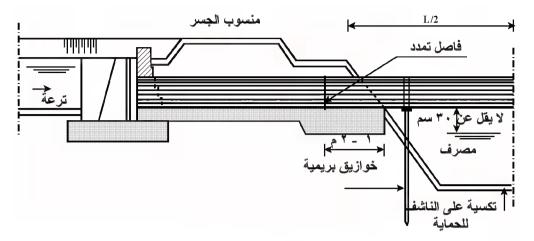
ويلاحظ أن الفاقد بالاحتكاك في حوائط وجدر ان البدالة يمثل الفاقد الرئيسي لضغط المياه في البدالة خاصة إذا كان طول البدالة كبير ا بشكل ملحوظ.

فاقد المياه في المخرج hexit

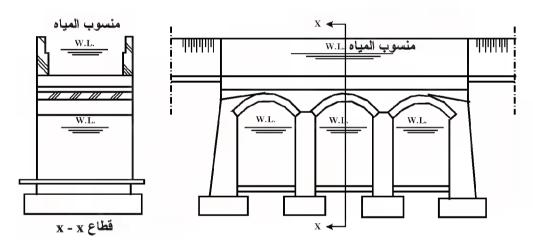
ويحسب هذا الفاقد من المعادلة (٢-٧)

وبذلك يكون الفاقد الكلى لضغط المياه في البدالة  $(H_L)$  هو مجموع مركبات الفواقد السابق ذكرها ويحسب بإضافة هذه المركبات كما هو مبين بالمعادلة  $(\Lambda-\Lambda)$ .

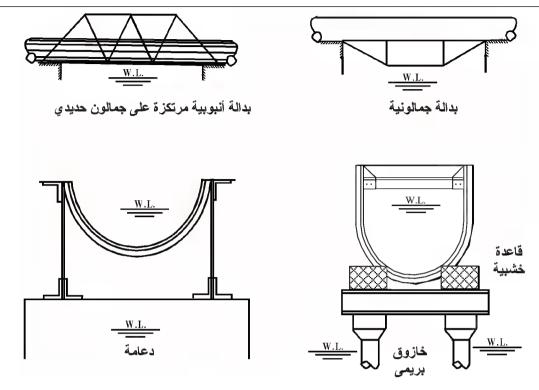
ويلاحظ أنه يمكن الحصول على أقل فاقد في البدالة إذا كان مدخل البدالة مستديرا ويضيق تدريجيا ومخرج البدالة مستديرا ويتسع تدريجيا.



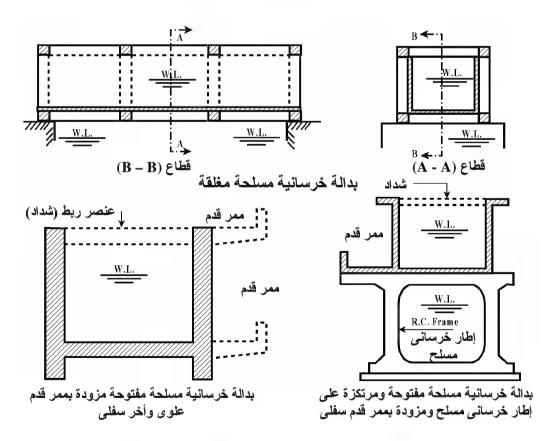
شكل (٢-١٣) بدالة أنبوبية



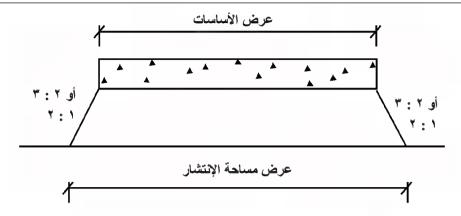
شكل (٣٢-٢) بدالة مبانى



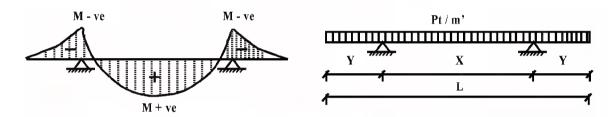
شكل (٢-٣٣) نماذج لبدالات من الحديد الصلب



شكل (٢-٤٣) نماذج لبدالات من الخرسانة المسلحة



شكل (٢-٣٥) مساحة الإنتشار تحت أساسات البدالة



شكل (٢-٣٦) تصميم البدالة الخرسانية المسلحة في الإتجاه الطولي

### ٢-٤-٣ الطمو (العلو أو الصاعد) Heading Up

يحدث بعد إنشاء البدالة إرتفاع للمياه أمام مدخلها نتيجة إعتراضها للقطاع المائى للمجرى ويكون الفرق بين منسوب المياه بالأمام (.U.S.W.L) بعد إرتفاعها ومنسوب المياه بالخلف (.D.S.W.L) يمثل الطمو (شكل ٢-٢).

قيمة الطمو المسموح به في البدالة في حدود ٥ - ١٠ سم ويجب ألا يزيد عن ذلك.

يجب ألا تزيد سرعة المياه داخل البدالة في حالة أقصى تصرف عن  $\Upsilon$  -  $\Upsilon$  مرات سرعة المياه المتوسطة في المجرى على ألا تزيد عن  $\Upsilon$  متر  $\Upsilon$  .

يمكن حساب مساحة القطاع المائى للبدالة إذا كانت ذات قطاع دائرى (مواسير) أو ذات قطاع صندوقى بإستخدام المعادلتين (٢-٩) ، (٢-١٠) على الترتيب.

### ٢-٣-٥ التصميم الإنشائي للبدالة

### ٢-٣-٥ البدالات المباني

تصمم أجزاء البدالات المبانى الواقعة أسفل جسور المجارى المائية بإعتبارها برابخ Culverts وإذا كان مقطعها كما هو مبين بالشكل (٣٢-٢) فإنها تصمم بإعتبارها كبارى مقوسة (عقود) Arch Bridges

وتصّم الأجزاء من البدالات المبانى الواقعة فوق المجارى المائية بإعتبارها كبارى محمولة على أكتاف أو دعامات. والأحمال الواقعة عليها هي التالية:

- الحمل الميت ويشمل وزن جسم البدالة ووزن المياه داخلها.
- الحمل الحي .L.L (إن وجد) وذلك إذا كان هناك مشاية قدم أو كوبري مع البدالة.
  - ضغط الرياح على الأجزاء الظاهرة.
- أحمال الز لازل في البدالات الكبيرة والهامة وتؤخذ هذه الأحمال طبقا للكود المصرى للأحمال.

لحساب الإجهادات تحت الأكتاف والدعامات للبدالات المبانى فإنه يجب الأخذ فى الإعتبار عرض الأساسات مع تكوين مساحة إنتشار تحتها تحدد بخط مائل حسب عمق التربة السليمة تحت الأساسات ويتوقف ميل هذا الخط على نوعية التربة فى موقع الأساسات (شكل ٢-٣٥).

### ٢-٣-٥ البدالات الخرسانية المسلحة

تتميز البدالات الخرسانية المسلحة بإستخدامها في البحور الكبيرة كما تستخدم أيضا لأي علاقة مطلوبة بين العمق والعرض في البدالات الصندوقية.

تصمم البدالات الخرسانية المسلحة في الإتجاه الطولى للبدالة بإعتبارها كمرة مزودة بعدد ٢ كابولى على الجانبين كما هو موضح بالشكل (٣٦-٢). ويتم الحصول على التصميم الأمثل في هذا الإتجاه إذا تم مراعاة أن يكون أقصى عزم موجب بالكمرة مساويا لأقصى عزم سالب. ويتحقق هذا عندما يكون  $(x=0.586\ L)$  ( $x=0.586\ L$ )

تصمم البدالات الخرسانية المسلحة في الإتجاه العرضي بإعتبار الحالتين التاليتين:

- أن البدالة بها مياه ذات سطح حر Free Water Surface (أى أن البدالة ليست مملوءة بالمياه بكامل قطاعها) ويتم تحديد دياجر امات الأحمال والقوى الداخلية بالقطاعات المختلفة للبدالة.
- ب- أن البدالة مملوءة بالمياه بكامل مقطعها وتؤثر ضغوط المياه على كامل القطاع من الداخل. ومن واقع دياجر امات ضغوط المياه والقوى الداخلية يتم تصميم القطاعات المختلفة للبدالة.

٢-٣-٥-٣ البدالات ذات القطاع الدائرى (مواسير) من الخرسانة العادية سابقة الصب يتم حساب سمك الخرسانة العادية من المعادلة (٢٠-٣).

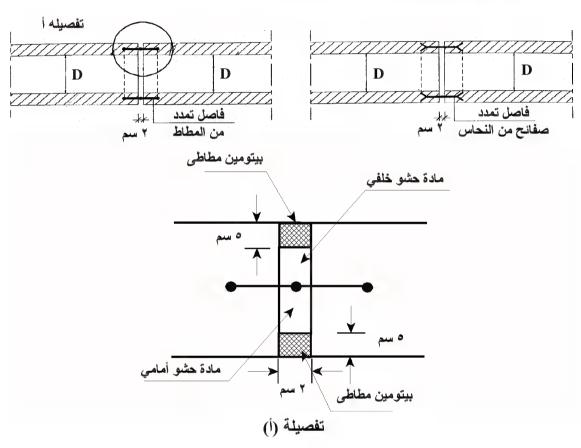
۲-۳-۰ البدالات ذات القطاع الدائرى (مواسير) من الحديد الصلب يتم حساب سمك قطاع السحارة من المعادلة (۲-۳۱).

### Joints الفواصل في البدالات ٦-٣-٢

تنفذ فواصل الإنشاء أو الهبوط Construction or Settlement Joints بين جزئى البدالة تحت جسرى المجرى المائى وطرفى البدالة فوق المجرى وتنفذ فواصل الإنشاء مثل فواصل التمدد Expansion Joints . وتعمل الفواصل من صفائح النحاس أو من المطاط وتملا بالبيتومين كما هو موضح بالشكل (٣٧-٢) .

كما توضع هذه الفواصل في حالة وجود إختلاف ظاهر بين الأحمال أو لتلافى الشروخ في جسم البدالة نتيجة التمدد والإنكماش.

ويرجع إلى الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بشأن الفواصل وأماكنها والمسافات بينها والإحتياطيات الواجب إتخاذها بشأنها.



شكل (٢-٣٧) فواصل التمدد في البدالات

### ٢-٤ المراجع

- 1. Aisenbrey, A.J., Hayes, R.B., Warren, H.J., Winsett, D.L. and Young, R.B. (1978), "Design of Small Canal Structures", U.S. Bureau of Reclamation, water Resources Publications, Englewood, Colorado.
- 2. El-Kateb, M.H. (1984), "Irrigation Design I: Escapes, Culverts, Syphons and Aqueducts, Class Notes, Faculty of Engin., Cairo University.
- 3. Mays, L.W. (1999), "Hydraulic Design Handbook, McGraw Hill Book Company, NewYork, U.S.A.
- 4. Normann, J.M., Hough talen, R.J. and Johnson, W.J. (1985), "Hydraulic Design of Highway Culverts, Hydraulic Design series No..5, Federal Highway Administration, US Department of Transportation, McLean, VA, U.S.A.

# الباب الثالث المفيضات والمصبات Escapes and Outlets

#### ۲-۱ عام

المفيض هو منشأ مائى يعمل على تخفيف إزدحامات المياه فى الترع عند أعمال تقاطعها مع المصارف فى وجود (السحارات أو البدالات) أو بغرض تهريب كمية معينة من المياه فى الأحباس الأخيرة من الترع إلى المصارف أو لتفريغ المياه تماما وذلك لإتمام أعمال الصيانة الدورية لها. وتنقسم منشآت المفيض حسب موقعها على الترع وكما هو موضح بالشكل (٣-١) إلى قسمين رئيسيين:

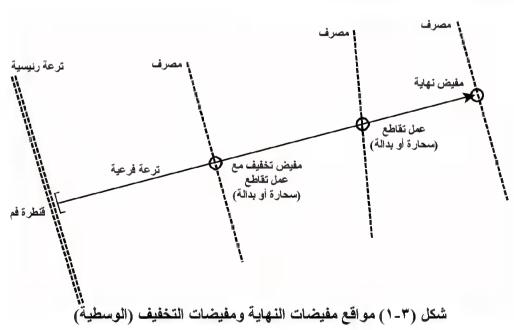
- مفيض نهاية Tail escape
- مفيض تخفيف وسطى Intermediate escape -

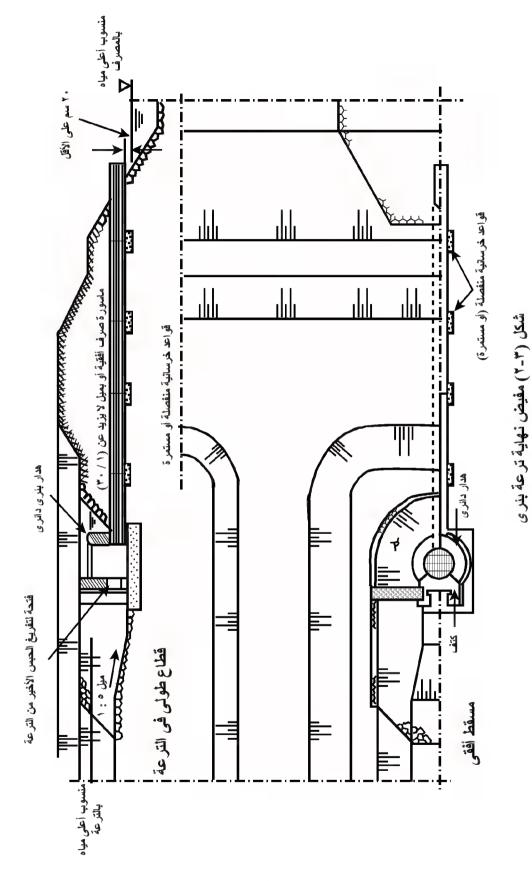
وتنشأ المفيضات كذلك لصرف المياه الزائدة التي لا يمكن تخزينها أمام السدود عندما تتعرض هذه السدود اللي تصرفات أكبر من تلك التي أنشئت من أجلها وبذلك فإن فائض المياه يمر من خلال مفيض السد إلى مجرى النهر أو الوادى خلف السد. وتعتبر مفيضات السدود على جانب كبير من الأهمية إذ تعزى معظم إنهيارات السدود (خاصة الترابية والركامية) إلى أخطاء في تصميم أو تنفيذ أعمال المفيض. وعند تحديد تصرفات المياه التي تصمم عليها مفيضات السدود يجب دراسة هيدرولوجية النهر عند موقع السد وتقييم هيدروجر افات التصرفات لأزمنة وفترات رجوع مختلفة حسب الوارد في الباب السادس (البنود المتعلقة بهيدرولوجية السدود).

### ٣-٢ مفيضات الترع

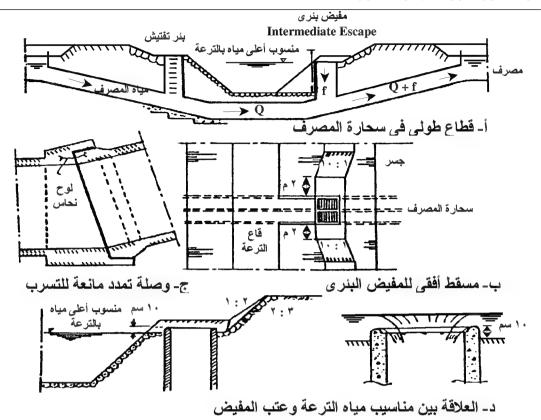
يمكن تقسيم مفيضات الترع من الناحية الهيدروليكية إلى الأقسام التالية :

- مفیض بئری فی نهایة الترعة شکل (٣-٢) أو مفیض بئری وسطی للتخفیف شکل (٣-٣).
- مفيض على شكل هدار مستقيم أو مجموعة من الهدارات المتعاقبة عندما يكون الفارق بين منسوب المياه في الترعة ومنسوب مياه المصرف كبيرا وقد تنشأ قناطر حجز (نهاية) لتهدئة حركة المياه أثناء انطلاقها تجاه المصارف وذلك حسب ما هو موضح في الشكل (٣-٤).
  - مفيض سيفوني ذاتي التشغيل كما هو موضح في الشكل (٣-٥).

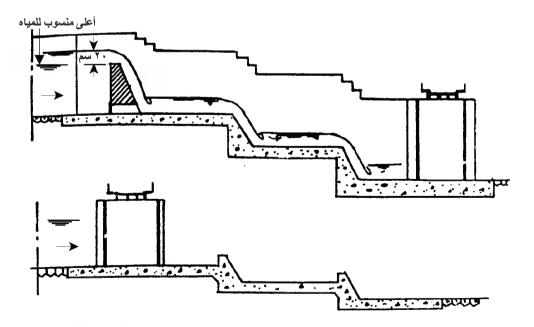




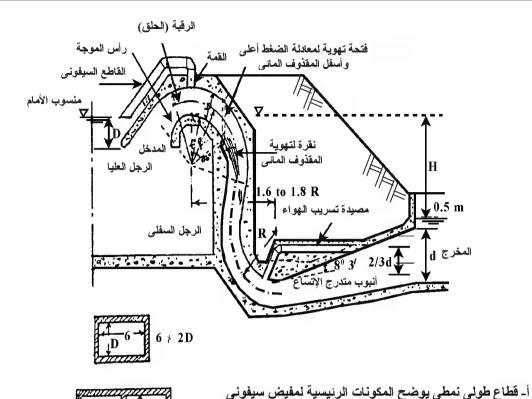
۲\_٣

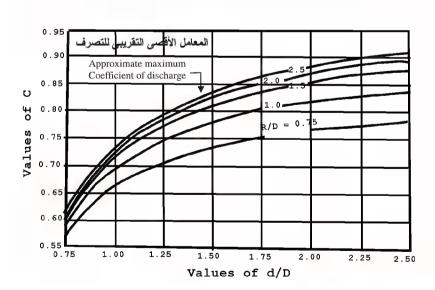


شكل (٣-٣) مفيض بئرى وسطى للتخفيف



شكل (٣-٤) مفيض بشكل قنطرة حجز ومجموعة هدارات متعاقبة





ب- معامل التصرف للمفيض السيفوني

شكل (٣-٥) المفيض السيفوني

### ٣-٢-٣ مفيض النهاية من الطراز البئري

ينشأ المفيض على شكل بئر بحيث يزيد منسوب العتب بمقدار ١٠ سم عن منسوب أعلى المياه بالترعة ويجب ألا يتعدى منسوب المياه بالترعة (في الحالات الطارئة للتشغيل) عن ١٥ سم فوق منسوب عتب المفيض وفي هذه الحالة يلزم أن تكون مناسيب المساطيح في الحبس الأخير من الترعة أعلى من منسوب العتب بمقدار ٢٥ سم على الأقل. ويعمل المفيض على تهريب المياه الزائدة بتدفق المياه فوق عتب الهدار وأيضا من خلال فتحة بأسفل البئر مزودة ببوابة حديدية لها عرض أكبر من قطر الفتحة ويتطلب ذلك إنشاء أكتاف من المبانى أعلى من منسوب عتب الهدار. ويجب الإهتمام بصيانة بوابة الفتحة السفلية في حالة إنشائها حتى لا تتعرض للصدأ وتعمل على تسريب المياه بصورة دائمة.

ويتم تنفيذ ماسورة من الحديد أو الخرسانة لنقل المياه المتجمعة داخل البئر إلى أقرب مصرف وتصب بلوكات خرسانية تحت فواصل المواسير حسب الأبعاد المبينة في الشكل (-7) (الطول في إتجاه الماسورة = قطر الماسورة = قطر الماسورة + 0 سم الإرتفاع = خمس قطر الماسورة + 0 سم) وقد تكون قواعد الماسورة مستمرة بنفس العرض والإرتفاع السابقين. وماسورة الصرف إما أن تكون أفقية أو مائلة بإنحدار لا يزيد عن 0 % ويكون الراسم السفلي للماسورة أعلى من أقصى منسوب للمياه في المصرف. وتزود البيارة بشبكة أفقية لمنع دخول الأعشاب والأجسام الطافية في الترعة إلى البئر ومنه إلى ماسورة الصرف وتصنع الشبكة من الأسياخ الحديدية على مسافات بينية لا تزيد عن 0 سم.

### ٣-٢-١-١ أبعاد هدار المفيض البئري

يحسب الطول من المفيض الذي تعلوه المياه وتتدفق فوقه إلى داخل البئر من معادلة الهدار

$$Q_{w} = \frac{2}{3} C_{d} B \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}}$$
 (3-1)

حيث

التصرف المار فوق عتب الهدار إلى البئر متر  $^{7}$  /  $^{2}$ 

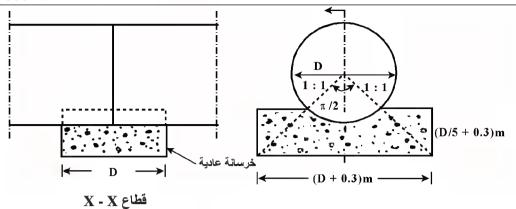
B = طول عتب الهدار الذي تعلوه المياه متر

معامل التصرف للهدار و لا تتعدى قيمته  $m C_d$ 

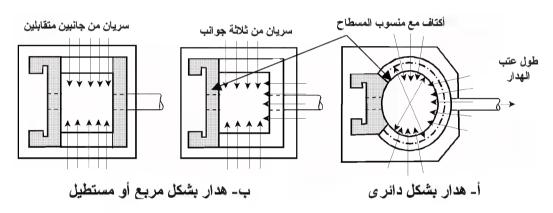
 ${f g}={f a}$ عجلة الجاذبية الأرضية وتساوى ٩,٨١ متر  ${f m}$ 

ار تفاع المياه فوق عتب الهدار وتؤخذ في حدود  $ho_{
m 0.0}$  متر  $ho_{
m 0.0}$ 

ويوضح الشكل (٣-٢) مساقط أفقية للمفيض البئرى في حالة تشكيل الهدارات على هيئة دائرية أو بشكل مربع أو مستطيل. وفي حالة إستخدام الآبار الدائرية يؤخذ طول عتب الهدار مساويا ثلاثة أرباع طول محيط البئر B = (3/4) D القطر المتوسط للبئر الدائرى.



شكل (٣-٦) أبعاد القواعد (البلوكات) الخرسانية تحت ماسورة صرف المفيض



شكل (٧-٣) طول الهدار في المفيض البئري

## ٣-٢-١-٢ قطر فتحة التفريغ

يمكن تفريغ الحبس الأخير من الترعة وذلك برفع بوابة الفتحة السفلى للبئر Orifice ويقدر الزمن اللازم للتفريغ من المعادلة التالية

$$T = \frac{2\sqrt{d} L}{3C_d a_0 \sqrt{2g}} (B + 2b)$$
 (3-2)

	حيث
ثانية	الزمن اللازم للتفريغ ${ m T}$
متر	طول الحبس الأخير من الترعة $oxdot$
متر	عرض الترعة عند منسوب أعلى مياه ${ m B}$
متر	عرض قاع الترعة $$
متر	ممق المياه بالترعة $= d$
متر مربع	مساحة فتحة التفريغ الدائرية $a_0$
	معامل التصرف لفتحة التفريغ (٠,٦) $\mathrm{C_d}$
متر / ث ً ً	${f g}={f a}$ عجلة الجاذبية الأرضية 9,۸۱

ويمكن إستعمال المعادلة التقريبية التالية لحساب زمن التفريغ والمستنتجة على أساس قسمة حجم المياه في الحبس الأخير من الترعة على التصرف المتوسط لفتحة التفريغ

$$T = \frac{2 \,\mathrm{L} \,\mathrm{b}_{\,\mathrm{e}} \,\mathrm{d}}{\mathrm{C}_{\,\mathrm{d}} \,\mathrm{a}_{\,\mathrm{0}} \,\sqrt{2 \,\mathrm{g} \,\mathrm{d}}} \tag{3-3}$$

حبث

[(B + b) / 2)] عرض الترعة المتوسط بالمتر =  $b_e$ 

وتستخدم المعادلتان (۲-۳) أو (۳-۳) لُحساب مساحةً فتحة التفريغ  $a_0$  ومن ثم قطر الفتحة  $d_0$  وذلك بإعتبار زمن مناسب لتفريغ الحبس الأخير من الترعة يؤخذ عادة ما بين (۲٤-۱۸) ساعة.

### ۳-۱-۲-۳ ماسورة تصريف البئر Drainage Pipe

فى حالات التشغيل الطارئة عند رفع بو أبة فتحة التفريغ فإن التصرف الوارد إلى بئر المفيض والذى يتحتم نقله من خلال ماسورة البئر إلى المصرف يساوى مجموع التدفق فوق عتب الهدار  $Q_w$  والتدفق من خلال الفتحة السفلى  $Q_0$  حسب ما هو مبين فى الشكل (-4-1).

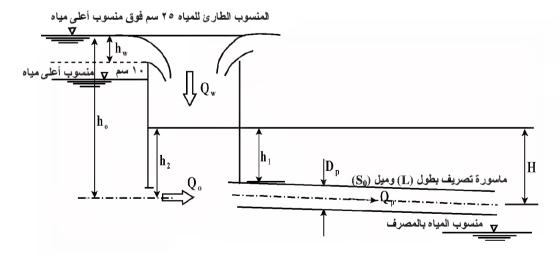
$$Q_p = Q_w + Q_0 \tag{3-4}$$

حيث

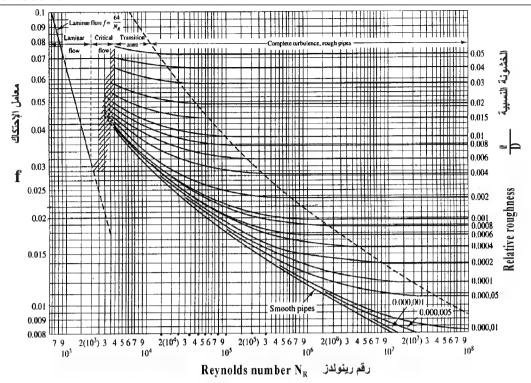
التدفق الذي يمر خلال ماسورة التصرف (متر  $^{7}$  / ثانية)  $Q_{p}$ 

و لإيجاد قطر ماسورة التصريف  $D_p$  تفرض سرعة مناسبة للمياه في الماسورة  $D_p$  تتراوح ما بين  $D_p$  متر  $D_p$  متر  $D_p$ 

$$D_p = \sqrt{4 \, Q_p / \pi \, V} \tag{3-5}$$



شكل (٣-٨) ماسورة تصريف المفيض البئرى



شكل (٣-٩) منحنى مودى لإيجاد قيم معامل الإحتكاك في المواسير

ويجب مراجعة تحقيق الشرطين التاليين لحسن تشغيل ماسورة المفيض والبئر:

أ- ألا تقل نسبة الإرتفاع  $h_1$  إلى قطر الماسورة عن  $\cdot$  ،  $\cdot$  أى  $(h_1 / Dp > 0.20)$  حيث  $h_1$  إرتفاع المياه داخل البئر فوق الحافة الداخلية للسطح العلوى للماسورة.

ب- ألا تقل المسافة بين منسوب المياه داخل البئر ومنسوب عتب هدار البئر عن ٥٠ سم.

وبالرجوع إلى الشكل (٨-٣) يمكن حساب المسافة بين محور الماسورة عند المخرج وسطح المياه داخل بئر المفيض (H) من المعادلة التالية :

$$H = \frac{V^2}{2g} (1.50 + \frac{f L}{D_p})$$
 (3-6)

#### حيث

طول ماسورة التصريف بالمتر $\mathbf{L}$ 

 $(VD_p/v)$  ورقم رينولدز  $(e \mid D_p)$  ورقم رينولدز ( $(VD_p/v)$ ) ورقم رينولدز  $(vD_p/v)$  وتقر أ قيمته من ديجر ام مودى - شكل  $(vD_p/v)$  وتتر اوح قيمة معامل الإحتكاك ما بين  $(vD_p/v)$  - (v, v) - (v, v) عامل اللزوجة الكينماتيكي للمياه  $(vD_p/v)$ 

e = إرتفاع الخشونة ويتوقف على المادة المصنوع منها ماسورة التصريف على النحو التالي

إرتفاع الخشونة (e) مم	مادة الماسورة
٠,١٨	مواسير خرسانية (ملساء - شدات حديدية)
٠,٣٦	مواسير خرسانية (متوسطة النعومة)
٠, ٣٠	مواسير خرسانية (خشنة السطح)
٠,٠٤٥	مواسير صلب (جديدة)
٠, ٠ ٤٥	مواسير حديد مطاوع (جديدة)
.,10	مو اسير حديد مجلفن
-,∀٦	مواسير حديد زهر (جديدة)

ويمكن حساب المسافة  $h_1$  المبينة في الشكل (٨-٣) من المعادلة (٣-٧)

$$H = h_1 + L S_0 + D_p / 2 (3-7)$$

حيث

الميل الطولي لماسورة التصريف  $S_0$ 

ولما كان تدفق فتحة التفريغ  $Q_0$  يتوقف على إرتفاع المياه الأقصى أمام المفيض  $h_0$  (وهو معلوم) وكذلك على إرتفاع المياه داخل البئر  $(h_2)$  مقاسين من مركز الفتحة فإن التصرف  $Q_0$  لا يكون محددا عند تصميم ماسورة التصريف ويلزم تكرار طريقة المحاولة والخطأ للوصول إلى الحل النهائى الذي يضمن تو افق التصرف  $(Q_0)$  والإرتفاع  $(h_2)$ 

### ٣-٢-٣ مفيض التخفيف الوسطي

ينشأ مفيض التخفيف عادة عند أعمال تقاطع الترع و المصارف في وجود سحار ات أو بدالات حيث يكون المفيض متصلا بجسم السحارة كما هو موضح بالشكل (٣-٣) أو متصلا بحوائط الأجنحة في مدخل البدالة حسب ما هو موضح بالشكل (٣-١). وإذا كان التدفق المطلوب تهريبه كبير اجدا ينشأ المفيض منفصلا بالقرب من منشأ التقاطع ويكون عتب المغيض أعلى من منسوب المياه الأقصى في الترعة بنحو مد السم.

وفى حالة مرور مياه المصرف من خلال سحارة تحت قطاع الترعة فإن مفيض التخفيف يكون على شكل بئر ذى فتحة أو أكثر ويتصل بأنبوب السحارة وفى هذه الحالة يخفض منسوب مسطاح الترعة حتى يصل إلى منسوب المياه الأقصى بالترعة وذلك لإعداد منسوب مناسب لعتب الهدار. ويكون معامل التصرف للهدار فى هذه الحالة أقل من ٢٠٠٠ وتتبع خطوات التصميم الواردة فى البند ٣-٢-١-١ لتحديد طول عتب الهدار المناسب ويزود عادة بفتحة تفريغ سفلية.

### ٣-٢-٣ المفيض السيفوني Syphon Spillway

ينشأ المفيض السيفونى عندما يكون التدفق المراد تهريبه كبيرا ومطلوب سرعة تصريفه مع المحافظة على على على المحافظة على ثبات المنسوب الأقصى للمياه بالترعة أو أمام السدود. ويتكون المفيض السيفونى من الأجزاء الرئيسية التالية حسب ما هو مبين في الشكل (٣-٥).

- . حلق المفيض و هو قطاع السيفون عند القمة Throat section .
- الرجل العليا للمفيض السيفوني وهي تمتد داخل الترعة Upper leg .
- الرجل السفلي للمفيض السيفوني وهي تلى حلق المفيض Lower leg .
- الأنبوب متدرج الإتساع لنقل التصرف إلى المصرف متدرج الإتساع لنقل التصرف إلى المصرف
- . قاطع موجه سيفوني يمتد من أعلى الرقبة إلى منسوب المياه الأقصى بالترعة Syphon breaker .

### ٣-٢-٣ عمل وتشغيل المفيض السيفوني

- يوجد شق (نقرة) أسفل العتب لتهوية المقذوف المائى كما توجد فتحة تهوية لمعادلة الضغط أعلى وأسفل المقذوف المائى موضوعة على جانب حائط الرجل السفلى للمفيض.
- يعمل السيفون كهدار عند إرتفاع صغير للمياه وعند إرتفاع المياه فوق عتب الهدار حيث يتعدى الضاغط ثلث إرتفاع الحلق (D/3) فإنه يتم تحضير السيفون ويبدأ عمله حيث يرتطم المقذوف المائى فوق العتب بالجانب الخلفي للرجل السفلية ويرتجع الهواء المحتبس في الحلق.
- عندما ينخفض منسوب المياه بالترعة تنكشف فتحة الهواء بالأمام (القاطع السيفوني) ويتحرك الهواء الى حلق السيفون وبذلك يتوقف العمل السيفوني للمفيض.
- تعمل مصيدة تسريب الهواء في الإنحناء السفلي للمفيض على تقليل وقت تحضير السيفون دون الحاجة إلى زيادة مناسيب المياه في الترعة.

### ٣-٢-٣- قواعد التصميم الهيدروليكي للمفيض السيفوني

- يؤخذ منسوب عتب المفيض أعلا من منسوب المياه الأقصى في الترعة بنحو ١٠ سم.
- الضاغط المائي المتاح (H) هو الفارق في المناسيب بين عتب المفيض ومنسوب المياه في المصرف.
- يتوقف إرتفاع حلق المفيض (D) على مقدار التصرف المطلوب تهريبه ويكون الحد الأدنى للإرتفاع ٢٠ سم.
  - . يحسب التصرف المار من المفيض لوحدة العروض (q) متر  $^{7}$  /  $^{1}$  /  $^{2}$  / متر من المعادلة

$$q = C D \sqrt{2 g H}$$
 (3-8)

حيث

صعامل التصرف للمفيض السيفوني ويتوقف على النسبتين  $(d/D) \cdot (d/D)$  ويؤخذ من الشكل  $(R_{CL}/D) \cdot (d/D)$  وعموما تتر اوح قيمته ما بين  $(0.9 \cdot 0.9 \cdot$ 

d = عمق المياه خلف المفيض

نصف قطر منحنى المفيض مقاسا عند مركز الحلق  $R_{\rm CL}$ 

بجب ألا يتعدى التصرف لوحدة العروض من المفيض محسوبا من المعادلة ( $^{-}$ ) التصرف الأقصى المسموح به  $q_{max}$  حتى لا تحدث ظاهرة التكهف في منطقة الحلق حيث يتم حساب التصرف الأقصى المسموح به من المعادلة ( $^{-}$ 9)

$$q_{\text{max}} = r_{\text{c}} \sqrt{2g (0.7 \, h_{\text{atm}})} \, \text{Log}_{\text{e}} \left(\frac{r_{\text{s}}}{r_{\text{c}}}\right)$$
 (3-9)

حىث

نصف قطر منحنى المفيض عند قمة قطاع الحلق بالمتر  $r_{\rm s}$  = نصف قطر منحنى المفيض عند العتب بالمتر

قيمة الضغط الجوى مقدر ا بإرتفاع عامود مكافئ من المياه بالمتر  $h_{
m atm}$ 

- يتم حساب عرض المفيض b = Q / q حيث Q التصرف المطلوب تهريبه ويختار عدد الفتحات المناسب بحيث لا يتعدى عرض الفتحة الواحدة إرتفاع المفيض عند الحلق  $b \leq 2D$ ).
  - مساحة مقطع القاطع السيفوني في الأمام تساوي ٢٤/١ من مساحة مقطع المفيض عند الحلق.
- مساحة مقطع مصيدة تسريب الهواء في الخلف تساوى ٤٠/١ من مساحة مقطع المفيض عند الحلق. ويكون منسوب محور مصيدة تسريب الهواء في الخلف عند ثلثي عمق المياه خلف المفيض.
- مدخل المفيض السيفونى من الأمام ينبغى أن يكون تحت المنسوب الأقصى للمياه فى الأمام بمسافة (D) وتتر اوح مساحة مقطع المدخل من ضعفين إلى ثلاثة أضعاف مساحة الحلق ويجب تزويد المدخل بشبك من الأسياخ الحديدية.
  - يتم إختيار أنصاف أقطار المنحنيات عند مقطع حلق المفيض كالتالي:

$$R_{CL} = 2.5 D$$
 (3-10)a

$$r_s = R_{CL} + (D/2)$$
 (3-10)b

$$r_c = R_{CL} - (D/2)$$
 (3-10)c

- زاوية الإنفراج للأنبوب متدرج الإتساع تؤخذ ٥,٠٥°.

### ٣-٣ مفيضات السدود

عندما تواجه السدود تصرفات أكبر من التصرفات التصميمية التي أنشئت من أجلها فإن المياه الزائدة تمر من خلال المفيض إلى مجرى النهر خلف السد أو تهدر إلى منطقة قريبة حماية للسد. ونظرا لفرق المناسيب بين قمة المفيض والقاع (منسوب الفرش في حوض التهدئة) خلف السد فإن سرعة المياه فوق قمة المفيض أو خلال جسم المفيض تكون كبيرة جدا مما يسبب تآكل أسطح المفيض ونحر تربة الأساس خلف السد لو لم تتخذ الإحتياطات الكافية لمنع ذلك.

### ٣-٣-١ أنواع مفيضات السدود

تتعدد أنواع مفيضات السدود وخصائصها الهيدروليكية ومن الشائع استخدام نوعين من المفيضات في آن واحد أحدهما مع جسم السد نفسه والآخر في منطقة الأكتاف كذلك يمكن تزويد المفيض ببوابات تحكم في التصر ف أو يترك حرا.

### Overfall Spillway المفيض الحر 1-1-٣-٣

يعتبر المفيض الحر من أكثر أنواع المقيضات شيوعا وهو يناسب السدود التثاقلية الخرسانية و الحجرية التى تتميز بطول مناسب لقمة السد وتكون قمة المفيض غالبا منحنية وتشكل لتلائم الحافة السفلى لمقذوف المياه فوق هدار حاد عند أقصى تصرف تصميمي وبذلك لا يتعرض سطح المفيض لأية ضغوط إضافية. وإذا قل التصرف المار عن التصرف التصميمي تعرض سطح المفيض لضغط موجب (أكبر من الضغط الجوى) أما إذا زاد التصرف المار عن التصرف التصرف التصميمي فإن سطح المفيض يتعرض لضغط سالب (أقل من الضغط الجوى).

### T-1-1-۳ المفيض المنحدر Chute Spillway

المفيض المنحدر عبارة عن قناة مفتوحة (شديدة الميل) لتوصيل المياه من بحيرة التخزين أمام السد إلى مخرج المياه خلف السد وهو شائع الإستعمال في حالة السدود الركامية والترابية ويعتبر أبسط الأشكال

لهذه المفيضات المنشأ المستقيم ذو العرض الثابت نظرا لأن تغير العرض أو الاضطرار لعمل الإنتقالية الإنحناءات في القناة قد يؤدي إلى صعوبات في التصميم للتغلب على مشاكل تكوين الموجات الإنتقالية والموجات المتداخلة وعمليات التهوية في حالة السريان فوق الحرج وما يتبعها من دفع وغمر الحوائط الجانبية وإنسكاب المياه فوقها خاصة في المفيضات ذات القطاعات الصغيرة وغالبا ما يتم وضع بوابات على مدخل القناة للتحكم في التصرفات المارة كما هو موضح بالشكل (٣-١٠).

### ٣-١-٣- مفيض القناة الجانبية Side-Channel Spillway

يستخدم المفيض الجانبى فى الحالات التى يصعب فيها إستخدام المفيض الحر وفى الحالات التى يكون فيها موقع السد محصور ابين جو انب عالية ذات ميول حادة. فى هذه الحالة تتحدر المياه فوق حافة الهدار إلى القناة ويكون إتجاه السريان فى هذه الحالة مو ازيا لحافة المفيض (عموديا على جسم السد) و غالبا ما يزداد عرض القناة فى إتجاه السريان كما هو موضح بالشكل (٣-١١).

### ٣-١-٤ المفيض البئري Shaft Spillway

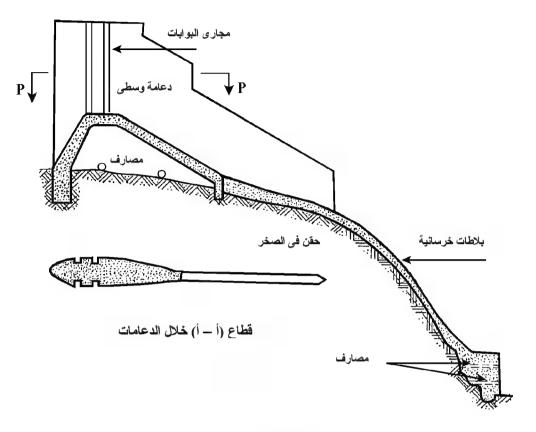
تمر المياه الزائدة عن التخزين في هذا النوع من المفيضات فوق حافة مفيض قمعي الشكل حيث تتحرك رأسيا لأسفل كما هو مبين في الشكل (٣-١٢) ويستخدم هذا النوع من المفيضات في الأودية الضيقة العميقة التي لا يكفي فيها العرض لإنشاء المفيض فوق السد وأيضا في حالة التصرفات الصغيرة. ومن عيوب هذا النوع من المفيضات أن التصرفات المارة من خلال المفيض تزداد تدريجيا مع زيادة إرتفاع المياه فوق حافة الهدار حتى تصل إلى حد معين يتم بعده غمر الهدار وتكون الزيادة في التصرفات بعد ذلك بطيئة ولا تتناسب مع عمق المياه فوق الهدار وبذلك تقل عوامل الآمان عند مرور الفيضانات الكبيرة غير المتوقعة.

### ٣-٣-١-٥ أنفاق المفيضات

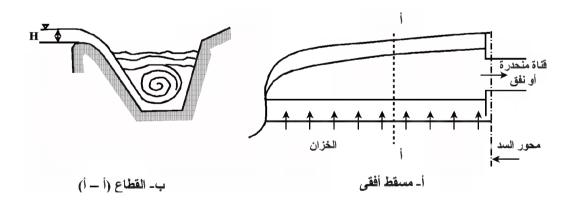
تستخدم الأنفاق عادة كمجارى لنقل المياه بالمفيضات المختلفة كما هو مبين بالشكل (٣-١٣) وتكون قطاعاتها عادة دائرية أو على شكل حدوة الفرس وتبطن بالخرسانة بإعتبار أن الخرسانة من المواد عالية المقاومة للسرعات العالية خاصة إذا كانت الخرسانة ناعمة وتيار المياه مواز للحوائط وخال من المواد المعالقة. وفي حالة مرور المواد الأكثر خشونة مع المياه المندفعة بالنفق ومع وجود حوائط ليست ناعمة فإن النحر المتوقع قد يصل إلى حد الخطورة وعادة ما تحدث هذه الحالة عند إمتلاء بحيرة التخزين بالرسوبيات وإقتراب هذه المواد من فتحة المفيض.

### Syphon Spillway المفيض السيفوني ٦-١-٣-

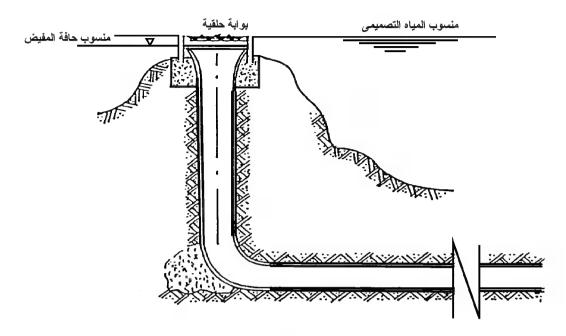
سبق التعرض لهذا النوع من المفيضات في البند ٣-٢-٣ وهو يستخدم مع الإرتفاعات الصغيرة والتصرفات المتوسطة في الحالات المطلوب فيها ضبط وتنظيم مناسيب المياه بطريقة تلقائية. ونظرا لأن المفيض السيفوني يمكن تحضيره في فترة وجيزة حتى يعمل بكامل طاقته فإنه يستخدم عند نهاية محطات الطاقة ذات القنوات الطويلة والسعة المحدودة عند المدخل الأمامي للتربينات حيث يمكن إيقاف التربينات عند الضرورة لتفادي حدوث فيضانات فوق جسور المجرى.



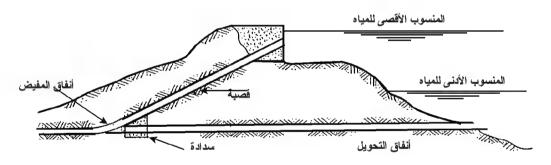
شكل (۳-۱۰) مفيض منحدر مزود ببوابات



شكل (٣-١١) مفيض القناة الجانبية



شکل (۳-۲) مفیض بئری



شكل (٣-٣) مفيض أنفاق

### ٣-٣-٢ التدفق فوق مفيض حر من طراز أوجى

يوضح الشكل ( $^{7}$  - $^{1}$ ) التشكيل الهندسي النمطي المفيض الحر من طراز أوجى حيث  $^{1}$  يمثل إرتفاع المياه الكلى فوق منسوب قمة المفيض المقابل للتصرف التصميمي شاملا سرعة الإقتراب. ويحسب التصرف المار فوق المفيض من المعادلة التالية:

$$Q = C\sqrt{2g} L H^{\frac{3}{2}}$$
 (3-11)

درث

Q = التصرف المار فوق المفيض الحر (متر مكعب / ثانية)

لمفيض في إتجاه عمودي على إتجاه السريان (متر) = L

H = H الضباغط الكلى على قمة المفيض ويشمل إرتفاع المياه فوق قمة الهدار  $(h_p)$  بالإضافة إلى الإرتفاع المكافئ لسرعة إقتراب المياه  $(h_a)$  حسب ما هو مبين في الشكل (T-1)

C =aslab lirance (بدون أبعاد)

ويعطى الشكل ( $^{-9}$ ) فيم معامل التصرف  $^{-1}$  لظروف التصرف التصميمي للمفيض عندما تكون  $^{-1}$  الفاع من  $^{-1}$  وذلك كدالة في الإرتفاع النسبي ( $^{-1}$  النسبي ( $^{-1}$  القاع من  $^{-1}$  المعامل التصرف  $^{-1}$  في حالة المفيض جهة الأمام شكل ( $^{-1}$  ) ويعطى الشكل ( $^{-1}$  ) القيم المعدلة لمعامل التصرف  $^{-1}$  في حالة المفيض لتصرفات تختلف عن التصرف التصميمي  $^{-1}$  .

وفى حالة تزويد المفيض ببو ابات المتحكم فى التصرف كما هو موضح بالشكل (٣-١٦) فإن التصرف المار فوق حائط الهدار يتبع معادلة التصرف المار فى الفتحات ويعطى بالمعادلة (٣-١٢)

$$Q = \frac{2}{3}\sqrt{2g} \, C \, L \, (H_1^{\frac{3}{2}} - H_2^{\frac{3}{2}})$$
 (3-12)

حبث

L = de المفيض

الضاغط الكلى فوق قمة المفيض  $H_1$ 

H<sub>2</sub> الضاغط الكلى مقاسا من الحافة السفلى للبو ابة

حمامل التصرف في حالة وجود بو ابات وتتر اوح قيمته ما بين ( • , • , • ) و هو يعتمد على النسبة بين إرتفاع فتحة البوابة  $( d = H_1 - H_2 )$  وقيمة الضاغط الكلى فوق قمة المفيض  $( d = H_1 - H_2 )$ 

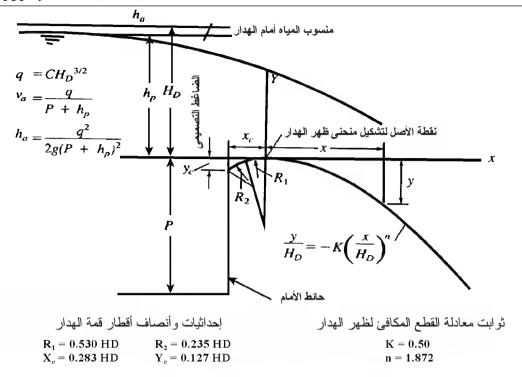
### ٣-٣-٣ أحواض التهدئة Stilling Basins

تستخدم أحواض التهدئة خلف المغيضات والهدارات لتجنب النحر في منطقة الأساسات خلف السد من جراء إندفاع المياه فوق المغيض أو من خلال الأنفاق ذات التصرفات الكبيرة وذلك لتشتيت الطاقة قبل عودة المياه إلى النهر وذلك من خلال تكوين ما يعرف بالقفزة المائية Hydraulic jump حيث يزداد عمق المياه خلال القفزة من  $d_1$  إلى  $d_2$  وتقل سرعة السريان من  $d_1$  أمام القفزة إلى  $d_2$  خلف القفزة ويرتبط شكل القفزة بقيمة رقم فرود Froude's number في الأمام محسوبا من المعادلة ( $d_1$ - $d_2$ )

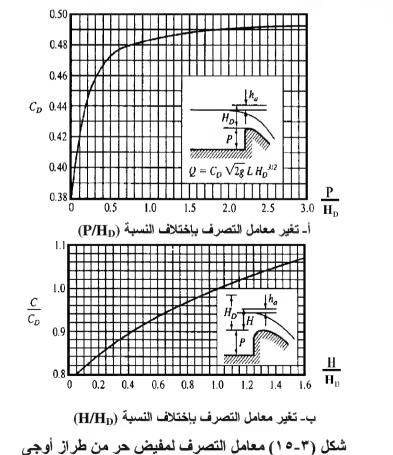
$$N_{E1} = V_1 / \sqrt{g \, d_1} \tag{3-13}$$

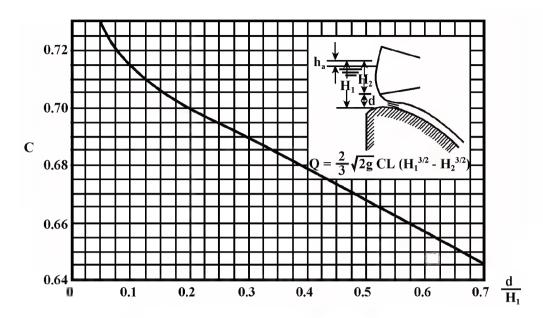
حبث

عمق المياه أمام القفزة في حالة القطاعات المائية المستطيلة ويساوي العمق الهيدروليكي معرفا كمساحة القطاع المائي مقسوما على عرض القطاع عند منسوب سطح المياه لغيره من الأشكال



شكل (٣-٤) تشكيل هندسي نمطى لهدار المفيض الحر من طراز أوجى



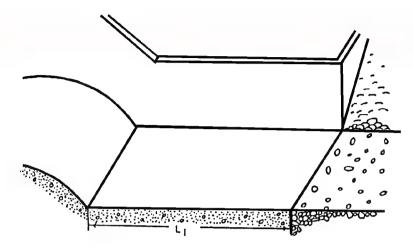


شكل (٣-٣) معامل التصرف للتدفق تحت بوابات فوق مفيض حر من طراز أوجى

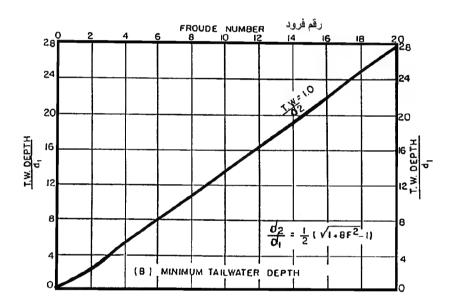
ويعتمد تصميم أحواض التهدئة على شكل وخواص القفزة الهيدروليكية (الطول - الإرتفاع - سرعة السريان) والتى تتوقف على قيمه رقم فرود فى بداية القفزة وهناك أربعة أشكال نمطية لأحواض التهدئة بيانها كالتالى:

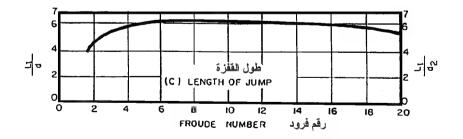
- عندما تقل قيمة رقم فرود في الأمام عن ١,٧ لا يلزم إنشاء أحواض تهدئة خلف المفيض أيا كان نوعه.
- عندما تتراوح قيمه رقم فرود ما بين (١,٧ ٢,٥) تكون القفزة الهيدروليكية في مراحلها الأولى وفي هذه الحالة يتم إنشاء حوض التهدئة بدون أي منشآت لتشتيت طاقة المياه وهو ما يعرف بالنوع الأول من أحواض التهدئة شكل (٣-١٧).
- عندما تتراوح قيمه رقم فرود ما بين (٢,٥ ٤,٥) تأخذ القفزة الهيدروليكية شكلها النهائى ويتم انشاء أحواض التهدئة مع تزويدها بمنشآت تشتيت الطاقة مثل بلوكات تخفيف التيار المنحدر وأحيانا يضاف عتب خلفى فى نهاية الفرش ويوضح الشكل (٣-١٨) هذا النوع من أحواض التهدئة الذى يعرف بالنوع الرابع.
- عندما تزيد قيمه رقم فرود عن ٤,٥ و لا تتعدى سرعة المياه قبل القفزة  $(V_1)$  ١٥ متر /ثانية نتشأ أحواض التهدئة من النوع الثالث وتزود بمنشآت تشتيت الطاقة من بلوكات تخفيف التيار المنحدر وبلوكات الإعاقة و العتب الخلفي كما هو موضح في الشكل (7-1).
- عندما تزيد قيمه رقم فرود عن ٤,٥ وتزيد سرعة المياه قبل القفزة  $(V_1)$  عن ١٥ متر /ثانية تتشأ أحواض التهدئة من النوع الثاني وتزود بمنشآت تشتيت الطاقة كما هو موضح في الشكل (-7).

وفى حالة السدود الخرسانية التى يتم إنشاؤها على الصخور الصلبة من أنواع الجرانيت والبازلت والمزودة بمفيض من النوع الحر فإنه يمكن الإستغناء عن أحواض التهدئة وتوجيه المياه المنحدرة بعيدا عن السد عن طريق تغيير إتجاهها عند نهاية قدمة السد بواسطة القواديس العاكسة كما هو موضح بالشكل (٣-٢١).

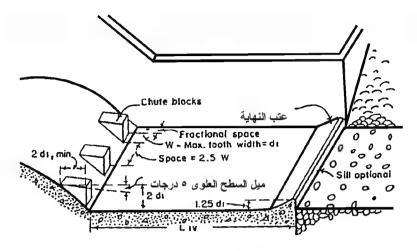


شكل حوض التهدئة من النوع الأول

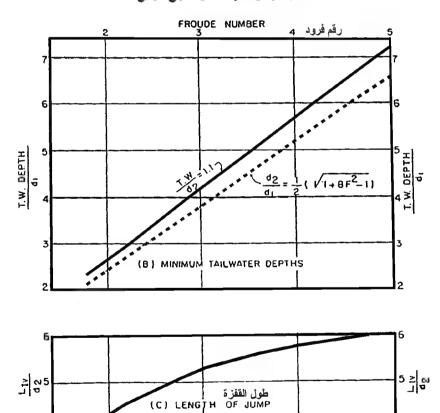




شكل (٣-١٧) خواص حوض تهدئة من النوع الأول (رقم فرود يتراوح ما بين (١,٧ - ٢,٥))



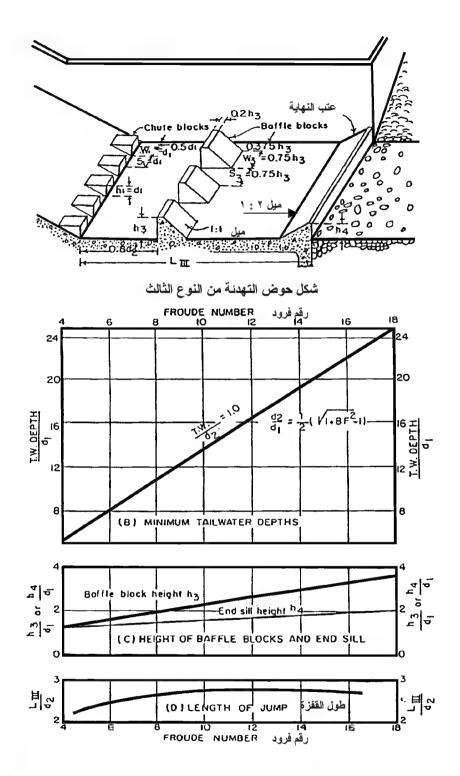
شكل حوض التهدئة من النوع الرابع



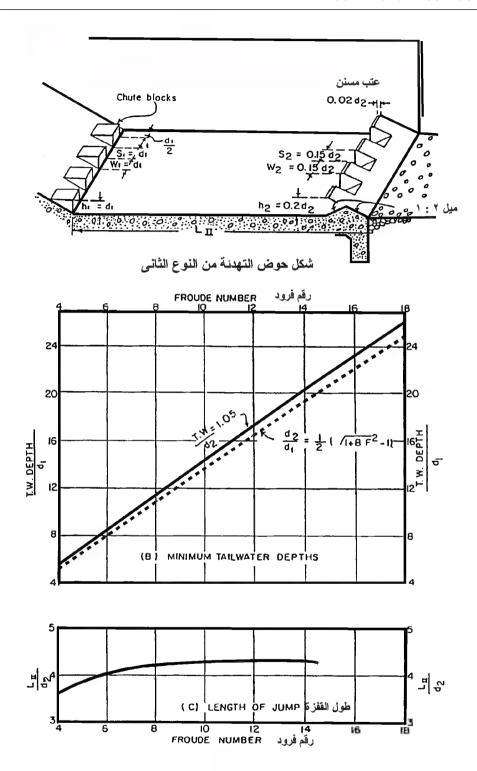
شكل (٣-٨١) خواص حوض تهدئة من النوع الرابع (رقم فرود يتراوح ما بين (٢,٥ - ٥,٤))

به رقم فرود

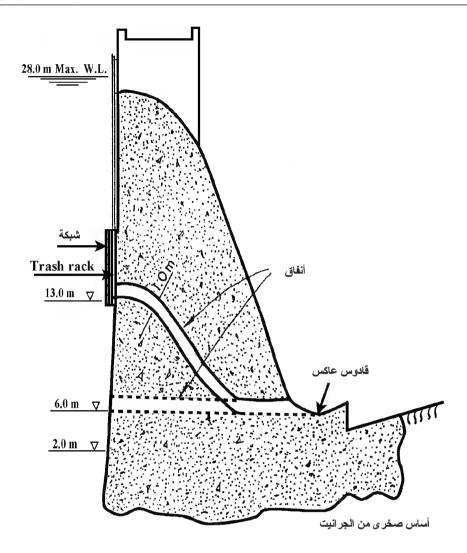
FROUDE NUMBER



شكل (٣-٣) خواص حوض تهدئة من النوع الثالث (رقم فرود أكبر من ٥,٥ وسرعة الإقتراب أقل من ١٥ متر / ثانية)



شكل (٣-٢٠) خواص حوض تهدئة من النوع الثاني (رقم فرود أكبر من ٥,٥ وسرعة الإقتراب أكبر من ١٥ متر / ثانية)



شكل (٣-٢١) إستخدام القادوس العاكس في إبعاد مياه المفيض عن جسم السد وتشتيت طاقتها

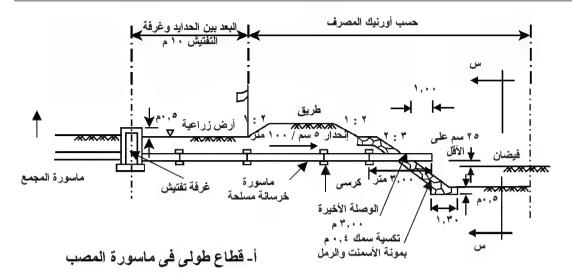
### ٣-٤ المصبات وأنماطها Outlets

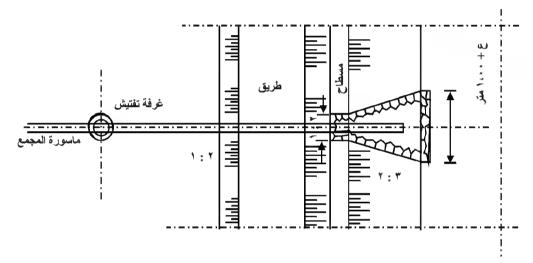
المصب هو منشأ مائى لصرف مياه المصرف الفرعى إلى المصرف الرئيسي وقد يأخذ أحد الأنماط التالية:

- مصب مصرف فرعى مكشوف تحت جسر المصرف الرئيسى المكشوف على شكل كوبرى مصب ذي سقف مسلح أو ماسورة تحت جسر المصرف الرئيسي.
- مصب على شكل ماسورة من خلال بيارة صرف بنهاية مجمع الصرف المغطى Collector تحت جسر المصرف الرئيسي المكشوف حسب الشكل (٢٠-٢٧).

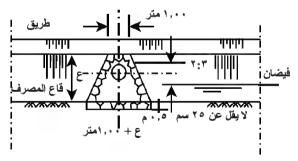
ويتكون المصب في الحالة الثانية من مواسير مسلحة بنفس قطر مواسير المجمع عند غرفة المصب ويتم تركيبه عموديا على المصرف ويكون بروز ماسورة المصب داخل المصرف حوالي ١٠٠٠ متر ويمر المصب تحت جسر المصرف وداخل الأرض الزراعية بنحو ١٠ متر إلى غرفة المصب ويكون طول الوصلة الأولى من مواسير المصب ٣٠٠٠ متر ويتم عمل جلب مسلحة على الفواصل بين المواسير مع تحميل المواسير على كراسي خرسانية ويتم رص مواسير المصب بميول أكبر نسبيا من ميول المجمع.

هذا وتبنى تكسيات الدبش سمك ٠٥,٥ متر عند مصب المجمعات بالمصرف الرئيسى بحيث تبدأ بقدمة سفلى بسمك ٠٥,٥ متر وسطحها على قاع المصرف الرئيسى وبميل مماثل الميل الجانبى للمصرف وتصل إلى قدمة عليا بسمك ٠٥,٥ متر أعلاها مع منسوب أرض الزراعة ويكون عرض التكسية من أعلا 1,٠٠ متر ومن أسفل (٠٠,٠) حيث ع إرتفاع التكسية من قاع المصرف إلى أرض الزراعة (شكل ٣- ٢٦).





ب- مسقط أفقى



ج- مسقط جانبی س - س

شكل (٣-٣) مصب مجمع الصرف المغطى على مصرف مكشوف

### ٣-٥ المراجع

- 1. El-Kateb, M.H., "Irrigation Design I: Escapes, Culverts, Syphons and Aqueducts", Class Notes, Faculty of Engineering, Cairo University, (1984).
- 2. Mays, L.W., "Water Resources Engineering", John Wiley and Sons, Inc., New York, U.S.A, (2001).
- 3. Novak, P., Moffat, A., Nalluri, C. and Narayanan, R., "Hydraulic structures", 2<sup>nd</sup> edit, E & FN Spon, London, U.K, (1996).
- 4. U.S. Bureau of Reclamation, "Design of Small Dams", 2<sup>nd</sup> edit, U.S Government Printing Office, Washington D.C., U.S.A, (1977).
- 5. Vischer, D.L. and Hager, W.H., "Dam Hydraulics", John Wiley and Sons, New York, U.S.A, (1998).

# الباب الرابع الهدارات Weirs

#### ٤-١ تعريف

يطلق أسم الهدار على حاجز جاسئ أصم يعترض المجرى ويتدفق الماء فوق عتبه ليستمر سريان المياه فى المجرى المائى من أمام الهدار إلى خلف الهدار وتستعمل الهدار ات لعدة أغر اض كقياس التصرف فى المجرى المائى أو تحويل جزء من التصرف إلى مجرى أخر أو توزيع التصرفات بين مجموعة من الترع الفرعية التى تتغذى من ترعة رئيسية و احدة.

# ٤-٢ أنواع الهدارات

تقسم الهدار آت لعدة أنواع تبعا لشكل عتب الهدار في إتجاه عمودي على إتجاه السريان وتبعا لشكل قطاع الهدار أي المدار في إتجاه السريان وكذلك تبعا لطبيعة السريان (مناسيب المياه أمام وخلف الهدار).

# ٤-٢-١ أنواع الهدارات طبقا لشكل عتب الهدار

#### ٤-٢-١ هدار مستطيل

وهو هدار عتبه على شكل مستطيل.

#### ٤-٢-١-٢ هدار مثلثي

وهو هدار حاد ذو عتب يُشكل جانبه زاوية رأسها إلى أسفل ومنسوب العتب هو رأس الزاوية المقلوبة.

## ۱-۲-۱ هدار کیبولیتی Cipolletti or Trapezoidal Weir

وهو هدار ذو عتب حاد بشكل شبه منحرف وكل من جانبيه يميل بنسبة ١ (أفقى) إلى ٤ (رأسى).

#### ٤-١-٢ هدار دائري

وهو هدار عتبه بشكل قوس دائرى غالبا (بصورة نصف دائرة).

# ٤-٢-١-٥ هدار قطع مكافئ

وهو هدار تحدد فتحته من الجانبين بشكل قطع مكافئ.

# ٤-٢-٢ أنواع الهدارات طبقا لعرض العتب وشكل قطاع الهدار

# 3-۲-۲ هدار حاد العتب Sharp Crested Weir

وهو هدار يتكون من لوح رأسى رفيع يندفع مقذوف الماء فوق عتبه وغالبا ما يستعمل في قياس التصرفات الصغيرة.

# ٤-٢-٢- هدار أصم ضيق العتب Solid-Narrow-Crested Weir

و هو هدار يتكون من حائط مائل للأمام أو للخلف بالنسبة لقاع المجرى المائى ومن أمثلته الهدار طراز الفيوم Fayoum-Type Weir .

#### ٤-٢-٢ هدار أصم عريض العتب Solid-Broad-Crested Weir

وهو هدار يتدفق فوقه الماء له عتب أفقى أو مائل ميلا خفيفا وطول العتب فى إتجاه السريان أكبر من إرتفاع الضاغط المائى فى الأمام (الفارق بين منسوب المياه فى الأمام ومنسوب عتب الهدار). ومن أنواعه الهدار ذو الموجة المستقرة Standing Wave Weir .

# ٤-٢-٢- هدار أوجى Ogee Weir

وهو هدار ذو قطاع منحنى يقارب شكّل إنحناءة السطح السفلى لمقذوف الماء الحر فوق عتب هدار مستطيل حاد ويستعمل بكثرة في مفيضات السدود.

# ٤-٢-٣ أنواع الهدارات طبقا لطبيعة السريان ومناسيب المياه في الأمام والخلف

#### ٤-٣-٢-١ هدار حر السريان Free Flow Over Weir

وفيه يكون منسوب الماء في الخلف أقل من منسوب عتب الهدار ويتأثر تصرف الهدار بمنسوب الماء في الأمام فقط.

#### 3-۲-۳-۲ هدار مغمور Submerged or Drowned Weir

وفيه يكون منسوب الماء في الخلف مساويا أو أعلى من منسوب عتب الهدار وفي هذه الحالة يتأثر تصرف الهدار بكل من منسوبي المياه في الأمام والخلف.

وتوضح الأشكال (3-1) حتى (3-0) أنواعا مختلفة من الهدارات حيث يوضح الشكل (3-1) قطاعا طوليا في هدار حرضيق العتب طراز الفيوم ويوضح الشكل (3-1) قطاعا طوليا لهدار عريض العتب من النوع ذى الموجة المستقرة ويوضح الشكل (3-1) تخطيطا لهدار حاد العتب مبين علية السطحان السفلى والعلوى لمقذوف الماء فوق عتب الهدار ويوضح الشكل (3-3) قطاعا طوليا في الهدار المنحنى طراز أوجى ويوضح الشكل (3-0) قطاعا طوليا في هدار مدرج Stepped Weir وهو يستخدم عندما يكون فارق المناسيب بين الأمام والخلف كبيرا.

# ٤-٣ وظيفة الهدارات في شبكة الري

تستخدم الهدار ات في شبكة الري للأغراض الرئيسية التالية:

# ٤-٣-١ حالة سقوط مفاجئ في مناسيب المياه

تستخدم الهدار ات فى حالة حدوث هبوط مفاجئ فى مناسيب الأرض الطبيعية يتبعه سقوط مفاجئ فى مناسيب سطح المياه كما هو موضح بالشكل (٤-٦) وتعمل الهدار ات فى هذه الحالة على منع تآكل قاع وجوانب المجرى المائى وتسمى هذه الهدار ات أحيانا بمساقط الترع Canal Falls .

# ٤-٣-٤ تقليل إنحدارات سطح المياه

تنشأ الهدارات على القنوات المآئية شديدة الإنحدار للمحافظة على ميل معتدل لسطح المياه يعمل على تقليل سرعة المياه للحدود الآمنة مما يمنع عملية نحر القاع والجوانب وتحسب المسافة (L) بين الهدارات كما هو موضح بالشكل (٧-٤) من المعادلة التالية :

$$L = R / (S_2 - S_1)$$
 (4-1)

حيث

R = llmie السقوط الرأسي في سطح المياه عند موقع الهدار (الفارق في عمق المياه أمام الهدار في حالة إنشاء هدار من عدمه)

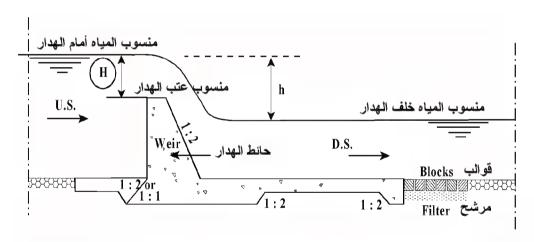
الإنحدار المسموح به لسطح المياه للحصول على سرعة آمنة  $S_1$ 

الإنحدار السائد لسطح الأرض  $S_2$ 

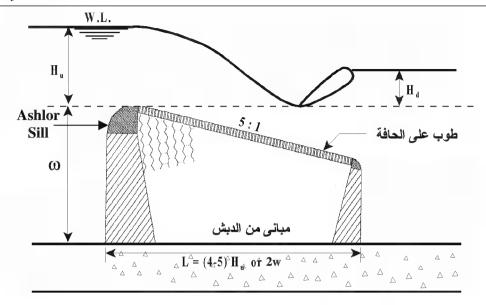
وتستعمل الهدارات في محافظة الفيوم لتقليل إنحدارات المياه من نحو ٧٠ سم / كم إلى الإنحدارات الأقل الآمنة في المنطقة (١٠ - ٢٠) سم / كم.

## ٤-٣-٣ هدارات قياس التصرفات

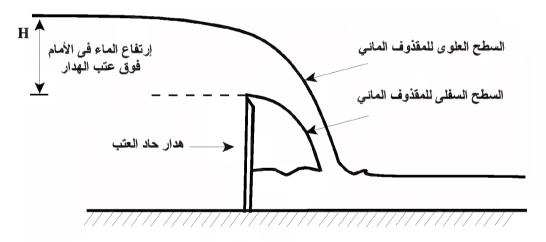
تنشأ الهدارات لقياس التصرف المار في القنوات المائية ويعتمد التصرف المار فوق عتب الهدار على طبيعة السريان فوق الهدار. في حالة الهدارات الحرة يعتمد التصرف على منسوب واحد فقط هو إرتفاع المياه في الأمام فوق منسوب عتب الهدار  $(H_u)$  بينما يعتمد التصرف فوق منسوب عتب الهدار المغمور على كل من إرتفاع منسوب المياه بالأمام  $(H_u)$  والخلف  $(H_d)$  فوق منسوب عتب الهدار وتعرف النسبة المموية [ $(H_d/H_u)100$ ] بنسبة الغمر ويمكن استعمال معادلة التصرف للهدار الحر للهدارات المغمورة أذا لم تتعد نسبة الغمر حدود معينة. ويوضح الشكل  $(\Lambda-1)$  السريان الحر والسريان المغمور فوق الهدارات.



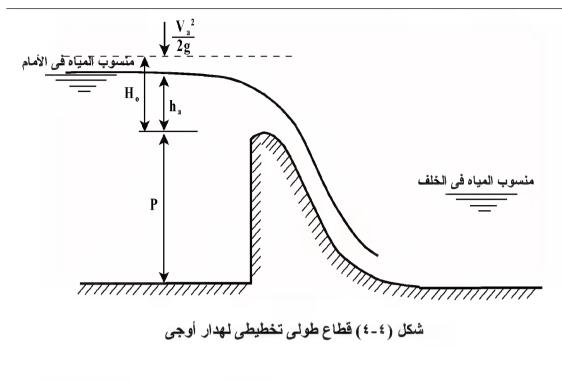
شكل (١-٤) قطاع طولى في هدار ضيق العتب (طراز الفيوم)



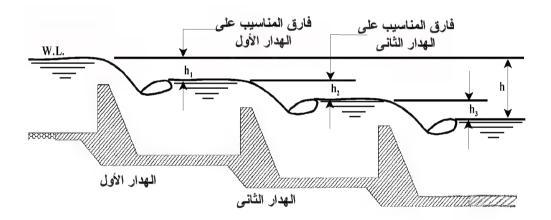
شكل (٤-٢) قطاع طولى لهدار عريض (ذى الموجة المستقرة)



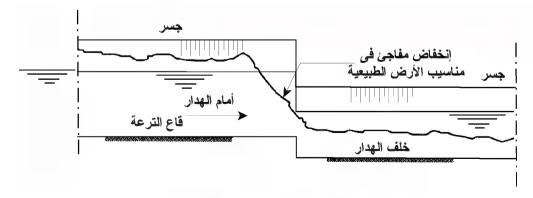
شكل (٣-٤) رسم تخطيطي لهدار حاد العتب



شكل (٤-٤) قطاع طولى تخطيطى لهدار أوجى



شکل (٤-٥) رسم تخطیطی لهدار مدرج



شكل (٤-١) رسم تخطيطي لهبوط مفاجئ في قاع الترعة

# ٤-٣-٤ هدارات التحكم في توزيع المياه

يمكن إنشاء مجموعة من الهدار ات لتوزيع مياه الترعة الرئيسية إلى عدد من الترع الفرعية مثل (النصبات) في محافظة الفيوم حيث تعمل أعتاب الهدار ات المختلفة على منسوب و احد ثابت وفي هذه الحالة تتناسب التصرفات المارة إلى الترع الفرعية مع عروض الهدار ات المنشأة على هذه الترع وذلك لثبات منسوب الأمام وبالتالي الضاغط المائي فوق أعتاب جميع هذه الهدار ات كما هو موضح بالشكل (٤-٤).

# ٤-٣-٥ هدارات تقليل فارق التوازن على القناطر

ينشأ هذا النوع من الهدارات عندما يكون فارق التوازن على القناطر كبيرا (السقوط الرأسى بين مناسيب المياه أمام وخلف القنطرة). ويوضع الهدار خلف القنطرة كما هو مبين بالشكل (٤٠-١) بحيث تكون المسافة بين القنطرة والهدار والمسماة بالحوض (Basin) مملوءة بالمياه في جميع الحالات. ويجب أن يزود الهدار بأنبوب تفريغ لتصريف محتوى الحوض من المياه في حالة الضرورة.

# ٤-٣-٢ هدارات تصريف المياه الزائدة في الترع

ينشأ هدار (مفيض) عند نهاية كل ترعة كما هو موضح بالشكل (٤-١١) لتهريب المياه الزائدة مع المحافظة على منسوب ثابت للمياه في نهاية الترعة. ويكون شكل الهدار في المسقط الأفقى دائريا أو مستطيلا ويصمم بحيث يتدفق الماء فوق ثلاثة أرباع محيطه عند التشغيل وتسمى هذه الهدارات (مصبات نهاية) ويمكن إنشاء هدارات تصريف للمياه الزائدة عند قطاعات معينة على طول الترعة تسمى في هذه الحالة (مفيض تخفيف).

#### ٤-٣-٧ هدارات تعمل كمصائد للرمال والترسيات

تنشأ الهدارات الغاطسة بإرتفاع أقل من عمق المياه أمام مداخل الترع وأمام قناطر الأفمام كما هو موضح بالشكل (٢-١٦) لتعمل كحاجر للرمال والمواد الرسوبية الأخرى كما هو موضح بالشكل (٢-١٤) لتعمل كحاجر للرمال والمواد الرسوبية الأخرى (Sand Screen or Silt Excluder) ومن الأمور التي تتبع في إنشاء هذه الهدارات أن يكون إرتفاع المياه فوق عتب الهدار أكبر من ٢/١ عمق المياه أمام قناطر الأفمام كما ينبغي ألا تتعدى سرعة المياه فوق منسوب العتب سرعة المياه في الترعة المغذية.

## ٤-٤ معادلات التصرف للهدارات

يعتمد التصرف المار فوق عتب الهدار في حالة السريان الحر على مقدار الضاغط المائي H الذي يعرف بالفارق بين منسوب المياه أمام الهدار ومنسوب عتب الهدار نفسه.

## ٤-٤-١ الهدار المستطيل

يحسب تصرف الهدار المستطيل من المعادلة التالية

$$Q = \frac{2}{3} \,\mathrm{C_d} \,\mathrm{B} \,\sqrt{2\mathrm{g}} \,\mathrm{H}^{3/2} \tag{4-2}$$

حيث

Q = تصرف الهدار (متراً / ثانية)

B = aرض الهدار في إتجاه عمودي على إتجاه السريان (متر)

H = الضاغط المائي على عتب الهدار (متر)

معامل التصرف وتتوقف قيمته على مقدار الضاغط المائى ويمكن إيجاد قيمته عمليا  $C_d$ 

g = 3 عجلة الجاذبية الأرضية وتساوى ٩,٨١ (متر / ثانية عجلة الجاذبية الأرضية وتساوى ٩,٨١ (متر / ثانية

## ٤-٤-٢ الهدار المثلثي

يحسب تصرف الهدار المثلثي من المعادلة التالية

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \operatorname{Tan} (\theta / 2) H^{5/2}$$
 (4-3)

حيث

و او ية رأس مثلث الهدار $\theta$ 

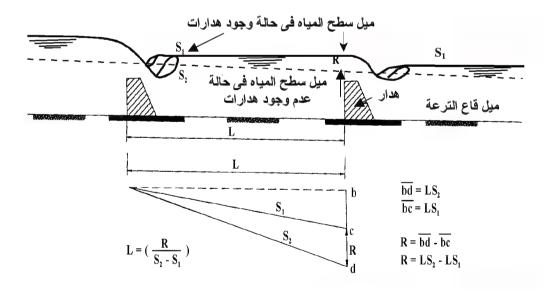
وتعرف بقية المتغيرات  $C_d$ , g, H, Q كالسابق غير أن قيمة معامل التصرف لهذا النوع من الهدارات تكون ثابتة وتساوى نحو  $\cdot$ ,  $\cdot$ , ومن المفضل أن تؤخذ زاوية الرأس ( $\theta = 90^0$ ). ويعتبر هذا الهدار مناسبا لقياس التصرفات الصغيرة بدقة عالية.

# ٤-٤-٣ الهدار عريض العتب (ذو الموجه المستقرة)

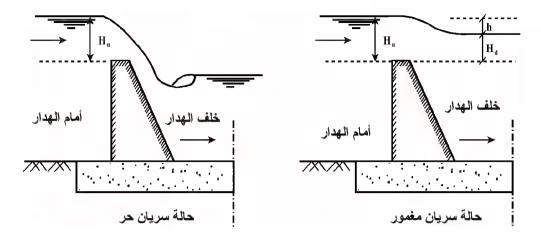
بالرجوع إلى الشكل (٢-٤) يحسب تصرف الهدار عريض العتب (ذي الموجه المستقرة) من المعادلة (٤-٤).

$$Q = C B H^{1.6}$$
 (4-4)

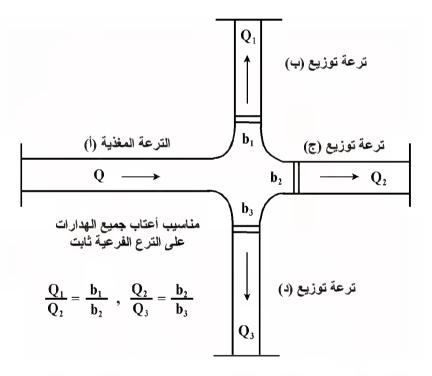
وتؤخذ قيمة المعامل C لتساوى (Y) طالما كانت نسبة الغمر أقل من (Y) .



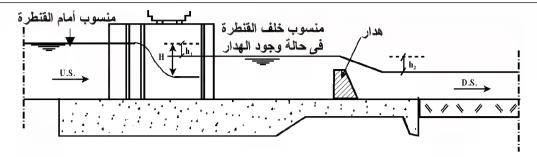
شكل (٤-٧) رسم تخطيطي يوضح المسافة بين هدارات تقليل إنحدار سطح المياه في الترع شديدة الإنحدار



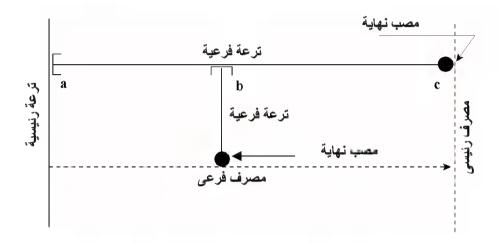
شكل (٤-٨) السريان الحر والسريان المغمور فوق الهدارات



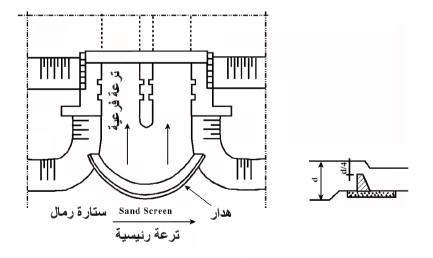
شكل (٤-٩) نظام توزيع المياه في محافظة الفيوم المعروف بالنصبة



شكل (٤-٠١) هدار غاطس لتقليل فارق التوازن على قنطرة



شكل (١-٤) رسم تخطيطي يوضح عمل المفيض بتصريف المياه الزائدة في نهايات الترع



شكل (٤-٢) إستخدام الهدارات كحواجز للرمال أمام قناطر الأفمام على ألا يقل إرتفاع المياه فوق المكل (٤-٢) إستخدام العتب عن ربع عمق المياه أمام القنطرة

### ٤-٤-٤ الهدار ضيق العتب طراز الفيوم

يحسب تصرف الهدار ضيق العتب طراز الفيوم في حالة السريان الحر من المعادلة (٤-٥).

For 
$$H \le 0.14 \text{ m}$$
  $Q = B (1.652 H_u^{1.54})$  (4-5a)

For H > 0.14 m 
$$Q = B (1.956 H_u^{1.72} + 0.014)$$
 (4-5b)

ويلاحظ في إستخدام معادلات التصرف للهدارات ما يلي:

أولا الله المنطقة المحصورة بين السطح السفلى لمقذوف الماء الحر فوق عتب الهدار وجسم الهدار نفسه لتهوية المنطقة المحصورة بين السطح السفلى لمقذوف الماء الحر فوق عتب الهدار وجسم الهدار نفسه وسطح الماء خلف الهدار ليكون ضغط الهواء مساويا للضغط الجوى ويتأتى ذلك إما بعمل مواسير هواء جانبية إذا كان عرض الهدار في إتجاه عمودى على إتجاه السريان مساويا لكامل عرض الترعة بين الأكتاف الجانبية للهدار أو بأن يكون عرض الهدار أقل من عرض الترعة عن طريق عمل حوائط رأسية على جانبي عتب الهدار بإرتفاع يصل لمستوى الأكتاف.

ثانيا : يمكن أخذ تأثير سرعة إقتراب المياه من الهدار (V) بعين الإعتبار في معادلات التصرف وذلك بالتعويض عن قيمة الضاغط المائي  $(H_u) + V^2 / 2g$  بدلا من  $(H_u)$  حيث تحسب سرعة الإقتراب من المعادلة (-7.2).

$$V = Q / A \tag{4-6}$$

حيث

A = مساحة قطاع الترعة أمام الهدار

ثَالثًا : لإتمام التصميم الهيدروليكي للهدار ات يجب توفر المعلومات الأساسية التالية:

- معلومات عن القطاع الطولى للقناه وتشمل العمق الأقصى والعمق الأدنى للمياه التي تقابل التصرف الأقصى والأدني في القناة.
  - القطاع العرضى للقناه عند موقع الهدار.

رابعا: لتحديد منسوب عتب الهداريتم إختيار إرتفاع الضاغط المائى المناسب H بإعتبار التصرف الأقصى المار فى القناه ويمكن بالتالى تحديد منسوب عتب الهدار بطرح الإرتفاع H من المنسوب الأقصى للمياه أمام الهدار. ويتم تحديد عرض الهدار B بإستخدام معادلة التصرف المناسبة لنوع الهدار.

**خامسا:** لتجنب حدوث سريان مغمور للهدار يختار منسوب فرش الهدار فى الخلف بحيث لا يتعدى منسوب المياه فى الخلف عنسوب فرش الهدار فى الخلف = منسوب فرش الهدار فى الخلف + عمق المياه المقابل لأقصى تصرف) ويؤخذ فى حساب عمق المياه خلف الهدار تأثير منحنيات الرجوع (Back Water Curves) لأى هدارات أخرى تتواجد خلف الهدار محل الإعتبار.

#### ٤-٥ تسرب المياه تحت فرش الهدار

تتعرض منشآت التحكم المؤسسة على تربة مسامية لرشح وتسرب المياه Percolation تحت فروشات هذه المنشآت نتيجة لوجود إختلاف بين أعماق المياه في الأمام والخلف (إتجاه التسرب تحت فرش المنشأ من الأمام إلى الخلف). ويتعرض فرش هذه المنشآت إلى ضغوط هيدروستاتيكية من أسفل لأعلى من الأمام إلى الخلف كما قد تسبب زيادة الميل الهيدروليكي عند نهاية الفرش زيادة سرعة خروج الماء في هذه المنطقة وحدوث ظاهرة فوران التربة Piping.

#### ٤-٥-١ طول مسار التسرب بإستخدام "معادلات بلاى ولين"

يمكن تعيين طول مسار التسرب Percolation Length بإستعمال "معادلة بلاى" Bligh أو "معادلة لين" Lane على الصورة التالية :

$$L = c h ag{4-7}$$

حيث

L = de مسار التسرب

h =قيمة الضاغط المائى الأقصى =الفرق الأقصى بين منسوبى الماء بالأمام والخلف و عادة ما تؤخذ الحالة الحرجة عندما يكون منسوب الماء فى الأمام هو منسوب عتب الهدار ومنسوب الماء فى الخلف هو منسوب الفرش

معامل يعتمد على نوع التربة أسفل الفرش = c

ويوضح الشكل (٤-٣) طول مسار التسرب تحت فرش هدار ويوضح الشكل (٤-٤) إضافة الستائر المعدنية لزيادة طول مسار التسرب.

# ٤-٥-١، معادلة بلاى Bligh

اعتبر بلاى أن طول مسار التسرب يساوى الطول الأفقى للفرش المصمت أسفل الهدار  $L_{\rm H}$  مضافا إليه ضعف سمك الفرش وضعف طول الستائر لمعدنية ( $L_{
m t}$ ) وبالتالى فإن :

$$L_{\rm B} = C_{\rm B} \, h \tag{4-8}$$

حبث

 $(L_H + 2L_V)$  طول مسار التسرب حسب مبدأ بلای التسرب حسب مبدأ بلای حما التسرب حسب مبدأ بلای کما هو موضح بالجدول رقم  $C_B$ 

## ٤\_٥\_١ معادلة لين Lane

يحسب طول مسار التسرب حسب معادلة لين على أنه مجموع ثلث الأطوال الأفقية مضافا إليه مجموع الأطوال الرأسية

$$L_{L} = C_{L} h \tag{4-9}$$

حبث

 $^{\circ}$ ل مسار التسرب حسب مبدأ لين  $(1/3~L_{\rm H}+L_{
m V})$  ويعتبر المسار رأسيا إذا زاد ميله عن  $^{\circ}$  مع الأفقى

(۱-٤) معامل لين كما هو موضح بالجدول رقم  $C_{
m L}$ 

جدول (۱-٤) قيم المعاملات  $\mathbf{C}_{L}$  &  $\mathbf{C}_{B}$  المستخدمة في معادلات بلاى ولين لحساب طول مسار التسرب

$\mathbf{C}_{\mathbf{L}}$	$\mathbf{C}_{\mathbf{B}}$	نوع التربة	
۸,٥	١٨	Very fine sand or silt	رمل ناعم جدا أو سلت
<b>Y</b>	10	Fine sand	رمل ناعم
٦	-	Medium sand	رمل متوسط
0	١٢	Coarse sand	رمل خشن
٤	-	Fine gravel	زلطناعم
٣,٥	-	Medium gravel	زلط متوسط
-	٩	Gravel and sand	زلط ورمل
٣	-	Coarse gravel with cobbles	زلط خشن مع ركام
۲,٥	-	Boulders with cobbles & gravel	رجام مع ركام وزلط
-	٤ - ٢	Boulders, gravel and sand	رجام وزلط ورمل
٣	-	Soft clay	طین ناعم
١,٨	-	Medium clay	طین متوسط
١,٨	-	Hard clay	طین صلب
١,٦	-	Very hard clay or hardpan	طين شديد الصلابة

# ٤-٥-٤ شبكة السريان Flow Net

يوضح الشكل (٤-١٥) شبكة السريان تحت فرشة الهدار وهي تتكون من مجموعتين من المنحنيات الأولى تبين إتجاه السريان وتسمى بخطوط التدفق Stream Lines والثانية تعطى التدرج في الضاغط الهيدروليكي من القيمة القصوى أمام الهدار إلى القيمة الصغرى خلف الهدار.

وترسم شبكة السريان للتربة المتجانسة بحيث تتعامد خطوط الندفق مع خطوط تدرج الضاغط الهيدروليكي Equipotential Lines لتكون مربعات منتظمة بقدر الإمكان. ويمكن تحديد قيمة الإنحدار الهيدروليكي عند أي نقطة في الوسط المسامي تحت فرشة الهدار وذلك بقسمة التغير في الضاغط الهيدروليكي عند المربع المناظر لهذه النقطة ( $\Delta$ h) على طول خط السريان لهذا المربع ( $\Delta$ L) ولما كان الندرج في الضاغط الهيدروليكي ( $\Delta$ h) ثابتا لكل الشبكة فإنه كلما قلت أبعاد المربع في شبكة السريان كلما زادت قيمة الإنحدار الهيدروليكي.

ويمكن تحديد سرعة السريان عند آيه نقطة في الوسط المسامي من تطبيق معادلة دارسي التي تعطى سرعة السريان (V) كحاصل ضرب معامل نفاذية التربة (K) والإنحدار الهيدروليكي لهذه النقطة (i) .

$$V = K. i$$
 (4-10)

ويتضح أيضا من الشكل (٤-١٥) أن أقصى سرعة لخروج المياه رأسيا لأعلى تكون عند نهاية الغرش من جهة الخلف. ويتضح أيضا أن الإنحدار الهيدروليكى ليس ثابتا على خط الزحف Creep Line (خط التلامس بين فرش الهدار والتربة الملاصقة له) كما هو الحال في معادلة بلاى التي تفترض ثبات سرعة السريان وكذلك ثبات الإنحدار الهيدروليكي على خط الزحف والذي تعطى قيمته بالنسبة  $(h/L_B)$ .

## ٤-٥-٣ الإنحدار الهيدروليكي الحرج

يمكن حساب الإنحدار الهيدروليكي الأقصى عند نهاية فرش الهدار من جهة الخلف بإستعمال شبكة السريان. وتتعرض حبيبات التربة لظاهرة الفوران Piping عندما تتعدى قيمة الإنحدار الهيدروليكي الخوصي قيمة الإنحدار الهيدروليكي الحرج والتي تعطى بالمعادلة (١١-٤).

$$i_c = (G-1)/(1+e)$$
 (4-11)

حيث

الإنحدار الهيدروليكي الحرج  $i_c$ 

G = He الوزن النوعى لحبيبات التربة Specific Gravity وتبلغ نحو 7,70 لحبيبات الرمل e = نسبة الفراغات Void Ratio وتعرف كنسبة حجم الفراغات إلى حجم المواد الصلبة لوحدة الحجوم الكلبة من التربة

# ٤-٥-٤ ضغط التعويم (الدفع من أسفل إلى أعلى) Uplift Pressure

يتعرض السطح السفلي لفرش الهدار لضغط من أسفل إلى أعلى نتيجة لتسرب المياه تحت الفرش ويقاوم هذا الضغط بتأثير وزن عمود الماء فوقه (إن وجد) وكذلك وزن الفرش الخرساني نفسه. ويوضح الشكل (3-7) توزيع ضغط التعويم لأعلى على فرش هدار مدرج معرض لعمق مياه في الأمام ( $(h_1)$ ) وعمق مياه في الخلف ( $(h_2)$ ) ويمكن التعبير عن قيمة الضغط لأعلى ( $(h_2)$ ) بالمتر عند القطاع أ - أ بالمعادلة ( $(h_2)$ )

$$h = t_2 + h_2 + h' (4-12)$$

ويمكن بدر اسة الإتزان الرأسى لوحدة المساحات من فرش الهدار حساب قيمة سمك الخرسانة العادية المطلوب لمقاومة قوى الدفع لأعلى وذلك من المعادلة (٤-١٣).

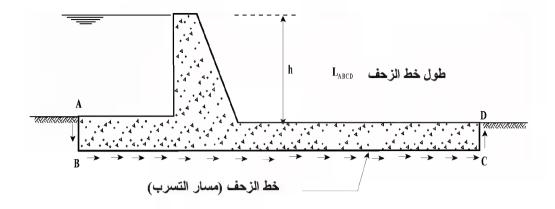
$$t = h' / (\gamma_c - 1)$$
 (4-13)

حىث

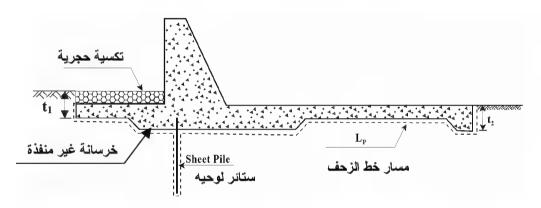
سمك الخرسانة العادية اللازمة لفرش الهدار عند القطاع الحرج t

الوزن النوعى للخرسانة العادية المستخدمة  $\gamma_{
m c}$ 

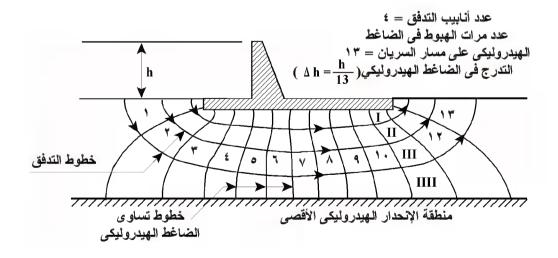
الضاغط الهيدروليكي بالمتر كما هو معرف في الشكل (٤-١٦) h'



شكل (٤-٣) طول خط الزحف تحت فرش الهدار



شكل (٤-٤) طول خط الزحف في حالة إضافة ستائر لوحيه رأسية تحت فرش الهدار



شكل (٤-٥١) شبكة السريان تحت فرش الهدار

#### ٤-٦ تصميم فرش الهدار

يصمم فرش الهدار بحيث يحقق المتطلبات التالية:

- · أن يكون الفرش كافيا لمقاومة ظاهرة فوران التربة ونخربتها الناتجة عن تسرب المياه تحت تأثير فارق التوازن بين الأمام والخلف
  - أن يكون طول الفرش كافيا لمنع تأكل القاع نظرا للسقوط الهادر للمياه
  - أن يكون سمك الفرش كافيا للتغلب على ضغوط الدفع من أسفل لأعلى

## ٤-٦-١ طول الفرش اللازم لمقاومة النحر

نتيجة لسقوط المياه من فوق عتب الهدار تتزايد السرعات خلف الهدار وعلى إمتداد طول معين يعرف بمسافة النحر التي يعود بعدها توزيع السرعات إلى وضعه الطبيعي. ويتم حساب طول الفرش اللازم لمقاومة النحر  $L_{\rm S}$  (المسافة من نهاية الهدار وحتى نهاية الفرش بالخلف) كما هو مبين بالشكل (1V-2) بإستخدام المعادلة الوضعية التالية :

$$L_{\rm S} = 0.6 \, \rm C_{\rm B} \, \sqrt{h_{\rm max}}$$
 (4-14)

حيث

معامل بلاى للتسرب و المعطى في الجدول (٤-١)  $= C_{\rm B}$  فارق التوازن الأقصى بين أمام وخلف الهدار

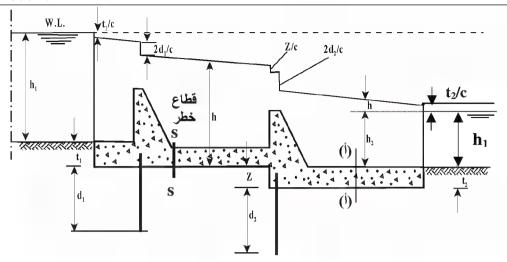
ويمكن لحماية القاع من آثار النحر إتباع أحد الوسائل الآتية:

- إنشاء ضفرة صغيرة End Sill بطرف فرش الهدار من الخلف كما هو موضح بالشكل (١٨-٤).
- خفض منسوب فرش الهدار تحت منسوب القاع للمساعدة في تكوين القفزة الهيدروليكية بالقرب من قدمة الهدار.

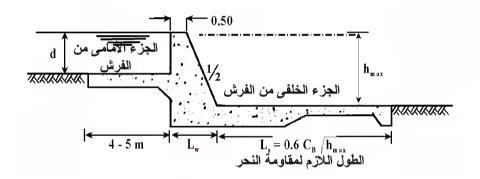
# ٤-٦-٢ طول الفرش اللازم لمقاومة فوران ونخربة التربة

يتم حساب طول الفرش اللازم لمقاومة فوران ونخربة التربة بإستخدام معادلة بلاى (3-4) أو معادلة لين (3-9) وتعد معادلة بلاى الأكثر إنتشارا في الإستخدام. ويجب أخذ الإحتياطيات والإعتبارات التالية في الحسبان:

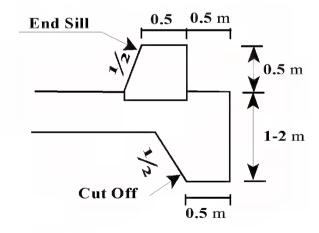
- يؤخذ جزء من طول الفرش أمام الهدار في حدود (٤ ٥) متر أو (ما يعادل نصف طول الفرش خلف الهدار) وذلك للتغلب على النحر أمام الهدار ولتخفيف الضغط من أسفل إلى أعلى في القطاع الحرج خلف الهدار مباشرة.
  - يجب ألا يقل طول الفرش خلف الهدار عن الطول اللازم لمقاومة النحر.
- لتقليل طول الفرش يمكن إستخدام الحوائط الرأسية القاطعة التي تعمل من الستائر اللوحية المعدنية أو الخرسانية أو تعمل من خنادق رأسية مملوءة بتربة مدموكة قليلة النفاذية. ويمكن عمل صفين أو أكثر من الستائر اللوحية مع مراعاة إختيار مسافة بينية مناسبة بين صفوف الستائر اللوحية كما هو مبين بالشكل (٤-١٩).



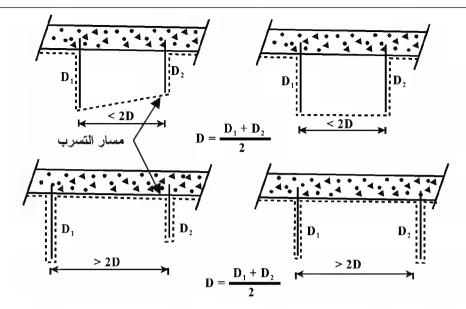
شكل (٤-١٦) ضغط التعويم من أسفل لأعلى على فرش هدار مدرج



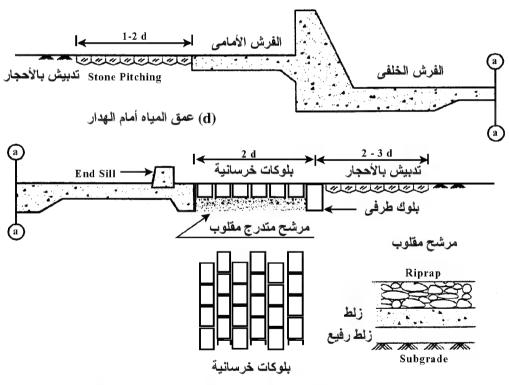
 $(L_S)$  طول الفرش اللازم لمقاومة النحر ( $V-\xi$ )



شكل (٤-٨) الضفرة الخلفية بطرف فرش الهدار



شكل (٤-٩١) تأثير التباعد بين صفوف الستائر اللوحية على طول مسار التسرب تحت الفرش



شكل (٤-٢٠) ترتيب الجزء الخلفي بعد فرش الهدار من مواد غير متماسكة

# ٤-٦-٣ إستخدام المرشحات والبلوكات خلف فرش الهدار

يجب تأكيد الأمان ضد خلخلة التربة Under Mining وذلك بعمل الجزء الخلفى بعد الفرش من مواد متدرجة غير متماسكة تعمل على خروج مياه الرشح دون تحريك حبيبات القاع ويمكن الإختيار بين عدة بدائل كما هو موضح بالشكل (٤٠-٢).

- \* مرشحات مقلوبةInverted Filters من طبقات يزيد معامل نفاذيتها من أسفل إلى أعلى ويمكن الإسترشاد بأسماك الطبقات المختلفة التالية في حالة الإنشاء في ظروف الجفاف :
  - طبقة رمل وزلط صغير بسمك لا يقل عن ٠,٠٥ ٠,١٠ متر .
    - طبقة زلط بسمك لا يقل عن ٠,١٠ ٠,٢٠ متر .
  - أحجار بسمك لا يقل عن ١٥٥ إلى ٢٥٠ قطر أكبر الأحجار المستخدمة.
    - \* تكسيات حجرية على الناشف أو أحجار ملقاة Riprap .
- \* بلوكات خرسانية أسفلها فلتر وتستخدم في المنشآت الكبيرة وتكون البلوكات سابقة الصب بأبعاد  $(0.00 \times 0.00 \times$
- \* طبقة من الخرسانة العادية بسمك ٠,٥٠ متر مزودة بأنابيب رأسية بدلا من البلوكات وتعمل فوق طبقة من الزلط المتدرج.

#### ٤-٦-٤ سمك الفرش من الخرسانة العادية

يحسب سمك الفرش من الخرسانة العادية بإستخدام المعادلة (٤-١٣) مع أخذ معامل آمان لا يقل عن ١٠٣

## ٤-٧ الإتزان الأستاتيكي لحائط الهدار

يصمم حائط الهدار (الهدار صيق العتب طراز الفيوم) كحائط تثاقلي يعتمد على وزنه الذاتي في الإتزان.

#### ٤-٧-١ حالات التحميل

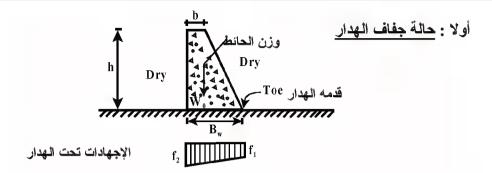
يوضح الشكل (٢-١٦) حالات التحميل والقوى الرئيسية المؤثرة على الهدار وينبغى مراجعة الإتزان الأستاتيكي لحائط الهدار لكل حالة على حدة من حيث قابلية الإنزلاق وقابلية الإنقلاب والتأكد من أن الإجهادات تحت حائط الهدار لا تتعدى تلك المسموح بها.

## ٤-٧-١ حالة الجفاف (الترعة خالية من المياه)

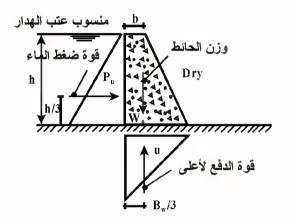
لا توجد في هذه الحالة قوة ضغط مائية أفقية تؤثر على حائط الهدار ويصبح وزن الحائط ( $\mathbf{W}_0$ ) هو القوة الرأسية الوحيدة محل الإعتبار.

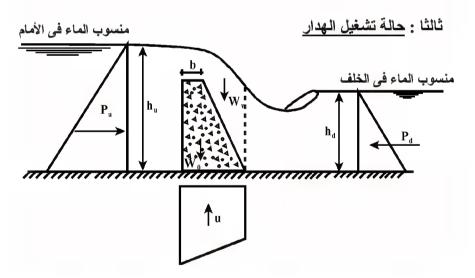
## ٤-٧-١-٢ حالة جفاف الخلف (المياه في الأمام مع منسوب عتب الهدار)

فى هذه الحالة يكون الهدار معرضا لُقوة ضغط الماء الأفقية من الأمام  $(P_u)$  ووزن الهدار رأسيا لأسفل  $(W_0)$  وقوة الدفع المؤثرة رأسيا من أسفل إلى أعلى (u) وغالبا ما تكون هذه الحالة هى الحالة الحرجة.



ثانيا: حالة جفاف خلف الهدار





شكل (١-٤) حالات التحميل والقوى الرئيسية المؤثرة على الهدار

## ٤-٧-١-٣ حالة تشغيل الهدار

فى هذه الحالة يكون الهدار معرضا لقوة ضغط المياه الأفقية من الأمام  $(P_u)$  وقوة ضغط المياه الأفقية من الخلف  $(P_d)$  ووزن المياه فوق الهدار  $(W_w)$  ووزن الهدار  $(W_0)$  بالإضافة إلى قوة الدفع الرأسية من أسفل لأعلى (u).

## ٤-٧-٢ الإتزان الكلى للهدار

## ٤-٧-١ الإنهيار بالإنزلاق Sliding

يجب مراجعة الإنز لاق عند مستوى قدمة الهدار بحساب معامل الأمان ضد الإنز لاق  $FS_s$  والذي ينبغى أن تتعدى قيمته 0.0 .

$$FS_s = F_{Resisting} / F_{Sliding}$$
 (4-15)

حيث

مجموع القوى الأفقية فوق مستوى الإنزلاق  $F_{Sliding}$ 

مجموع القوى الرأسية مضروب في معامل الإحتكاك (u) الذي تؤخذ قيمته بين حائط الهدار والفرش (0,0,0)

## ٤-٧-٢ الإنهيار بالإنقلاب Overturning

يجب مراجعة الإنقلاب حول نقطة قدمة الهدار وذلك بحساب معامل الأمان ضد الإنقلاب  $FS_0$  والذي ينبغي أن تتعدى قيمته 1,0.

$$FS_0$$
 = Resisting Moment / Overturning Moment (4-16)

ويلاحظ أن محصلة فرق عزوم قوى ضغط الماء الأفقية تعمل على إنقلاب الهدار بينما يعمل العزم الناتج عن وزن الهدار على إنز ان الهدار.

## ٤-٧-٢ مراجعة الإجهادات تحت حائط الهدار

يجب التأكد من أن الإجهادات تحت حائط الهدار إجهادات ضغط وأن قيمتها تقل عن سعة الإحتمال لمادة فرش الهدار  $(f_{\rm ult})$  ويمكن حساب الإجهادات بدر اسة إنزان وحدة الأطوال من الهدار عموديا على إتجاه السريان وبحساب المحصلة الكلية للقوى المؤثرة فوق مستوى در اسة الإجهادات (R) فإن المركبة الأفقية للمحصلة  $(R_H)$  تسبب إنز لاقا بينما تسبب المركبة الرأسية  $(R_v)$  والتى تمثل قوة ضاغطة عزم إنحناء  $(M_0)$  حول مركز ثقل قاعدة الهدار بسبب عدم تمركز المحصلة. وتعطى المعادلة (3-1) الإجهادات المطلوبة

$$f_1 = (N/B_w)(1 \pm (6.e)/B_w)$$
 (4-17)

حىث

قيمتا الإجهاد الأقصى والأدنى عند النقاط الطرفية لقاعدة الهدار  $f_1,\,f_2$ 

عرض قاعدة الهدار عند مستوى الفرش  $B_{w}$ 

 $(M_0 / R_v)$  وتساوى Eccentricity وتساوى = e

عزم إنحناء القوى حول مركز ثقل القاعدة  $\mathbf{M}_0$ 

 $(R_{v})$  القوة العمودية على القاعدة وتساوى المركبة الرأسية للمحصلة N

وإذا وقعت محصلة القوى في الثلث الأوسط لقطاع قاعدة الهدار يكون القطاع بأكمله معرضا لإجهادات شد ضغط أما إذا وقعت المحصلة خارج الثلث الأوسط أصبح مجرد جزء من القطاع معرضا لإجهادات شد ويمكن في هذه الحالة إعادة توزيع الإجهادات على القطاع لزيادة إجهادات الضغط ويعطى إجهاد الضغط الأفقى الاقصى في هذه الحالة بالمعادلة (١٨-٤).

$$f_{\text{max}} = (2R_v) / (1.5 B_w - 3 e)$$
 (4-18)

ويؤخذ معامل أمان لا يقل عن ٢ عند مر اجعة الإجهادات تحت حائط الهدار أى أن  $f_{max}$  .

٤-٨ المراجع

- 1. Bos, M.G., "Discharge Measurement Structures". Third edition, ILRI Publication No.20, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, the Netherlands, (1989).
- 2. El-Kateb, M.H., "Irrigation Design II: Weirs and Regulators". Class Notes. Cairo University, Faculty of Engineering, Giza, Egypt, (1984).
- 3. FAO, "Small Hydraulic Structures". Volumes (1) and (2), FAO Irrigation and Drainage Paper No. 26, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy, (1982).
- 4. Leliavsky, S., "Weirs", Chapman and Hall, London, UK. (1981),

# الباب الخامس Regulators and Gates القناطر والبوابات

#### ٥-١ تعريف

تعتبر القناطر من المنشآت الهيدروليكية التي تبني على المجارى المائية بهدف التحكم في مناسيب المياه أمامها والتصرفات المارة من خلال فتحاتها وتنشأ القناطر على نهر النيل والرياحات والترع الرئيسية والفرعية لتسهيل تغذية المجارى المائية وتوصيل مياه الري إلى الأراضي الزراعية ولأغراض أخرى مثل توصيل مياه الشرب والصناعة أو لأغراض الملاحة ويوضح الشكل (٥-١) منظورا من جهة الأمام لنموذج لقنطرة صغيرة على مجرى مائي.

وتتكون القناطر من الأجزاء الرئيسية التالية: الدعامات الوسطية (البغال) الدعامات الطرفية (الأكتاف)، حوائط الأجنحة الأمامية والخلفية ، العناصر الإنشائية الحاملة للطريق فوق القناطر (عقود أو بلاطات خرسانية مسلحة وكمرات) الفرش تحت المنشأ وغالبا ما يزود بستائر حديدية أو حوائط قاطعة، بوابات حديدية تنزلق رأسيا داخل مجارى خاصة (دروندات) ويعمل عادة خط ثان من الدروندات للاستخدام في حالات الطوارئ والترميمات.

#### ٥-٢ أنواع القناطر

يمكن تقسيم القناطر إلى الأنواع التالية تبعا لموقعها في شبكة الري:

## ٥-٢-١ قناطر كبرى على الأنهار

تنشأ هذه القناطر على الأنهار مثل نهر النيل بغرض التحكم في التصرفات المارة من خلال فتحاتها ولرفع مناسيب المياه أمامها بالدرجة المناسبة لتغذية الرياحات والترع الكبرى المستخدمة أساسا لرى الأراضى الزراعية على أن تنفذ هذه الموازنات في حدود فرق التوازن المسموح به في تصميم هذه القناطر.

# ٥-٢-٢ قناطر الأقمام

تنشأ هذه القناطر عند ما خذ الترع أو الرياحات الآخذة من أمام القناطر الكبرى وذلك للتحكم في مناسيب وتصرفات الخلف حسب السينوبتك ديجرام التصميمي لهذه الترع.

## ٥-٢-٣ قناطر الموازنة / قناطر الحجز

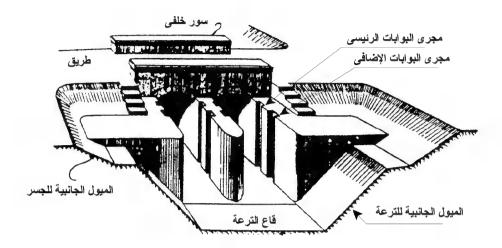
يتم إنشاء هذا النوع من القناطر على أحباس مختلفة على طول الترع خاصة عند حدوث تغيير في التصرفات أو اختلاف القطاع المائي للترعة وذلك للتحكم في مناسيب المياه وتنظيم السريان لتسهيل تغذية الترع الفرعية والجنابيات التي تأخذ مياهها من أمام هذه القناطر.

### ٥-٢-٤ قناطر المصب

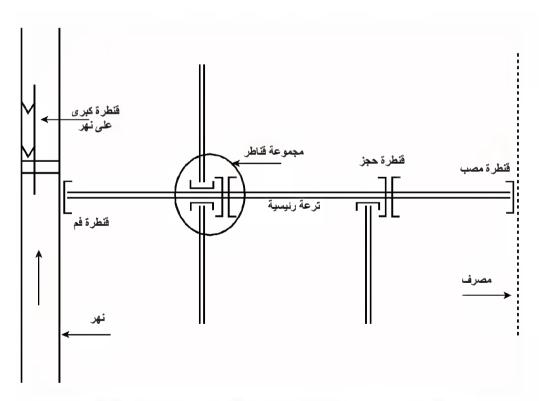
تقام هذه القناطر عند نهايات الرياحات والترع الكبيرة للتحكم وتنظيم صرف المياه الزائدة عن احتياجات الرى إلى المصارف وكذلك المحافظة على منسوب المياه التصميمي والضروري أمامها لضمان تواجد المياه بالحبس الأخير من الترعة على المناسيب اللازمة لرى الأراضي الزراعية المترتبة على هذا الحبس.

# ٥-٢-٥ مجموعة قناطر متعددة الأغراض في موقع واحد

تنشأ مجموعة من القناطر متعددة الأغراض في موقع واحد إحداها أساسية كقناطر حجز والأخريات قناطر فرعية للتوزيع. ويوضح الشكل (٥-٢) المواقع المختلفة لكل من أنواع القناطر سالفة الذكر.



شكل (٥-١) نموذج لقنطرة صغيرة على مجرى مائي



شكل (٥-٢) رسم تخطيطي يوضح مواقع الأنواع المختلفة للقناطر

# ٥-٣ التأثير المتبادل بين المنشأ الهيدروليكي والمجرى المائي

# ٥-٣-١ تأثير المنشآت الهيدروليكية على المجارى المائية

# ٥-٣-١ التأثير على عمق ومناسيب المياه وسرعة التيار

يؤدى إنشاء القناطر بالمجارى المائية إلى وجود فرق بين منسوبى الماء المحتجز والماء الجارى الأصلى عند موقع القنطرة وعلى امتداد مسافة الماء المحتجز من جهة الأمام Back water curve length حيث يتغير عمق المياه وسرعة التيار كما تتغير المقاطع العرضية لمجرى النهر حيث تقل سرعة السريان كلما اقتربنا من المنشأ نتيجة لإرتفاع مناسيب المياه عن وضعها الأصلى قبل الإنشاء. ويوضح الشكل (٥-٣) أ، ب، جهذه التأثيرات المختلفة.

# ٥-٣-١ التأثير على مناسب المياه الجوفية

يوضح الشكل ( $^{-0}$ ) د المقطع العرضى للنهر وجانبيه فعند المستوى (I) للمياه قبل الإنشاء كان مستوى المياه الجوفية ممثلا بالمنحنى a c أما بعد احتجاز المياه أمام المنشأ وإرتفاع منسوب المياه بالنهر إلى المستوى (II) فإن مستوى المياه الجوفية يرتفع ويصبح ممثلا بالمنحنى  $^{\prime}a$  وقد يقترب الماء الجوفى بعد الإنشاء من سطح الأرض وتصبح التربة مشبعة بالمياه بدرجة تعوق العمليات الزراعية بالكامل.

ويسبب إرتفاع مناسبب المياه أمام المنشأ عنها خلفه إلى حدوث ظاهرة رشح المياه تحت أساس المنشأ شكل ( $^{-}$ ) هـ مما يتسبب فى فقدان جزء من المياه المحجوزة. كذلك تنشأ حركة للمياه الجوفية على امتداد ضفاف النهر بالالتفاف حول المنشأ شكل ( $^{-}$ ) و .

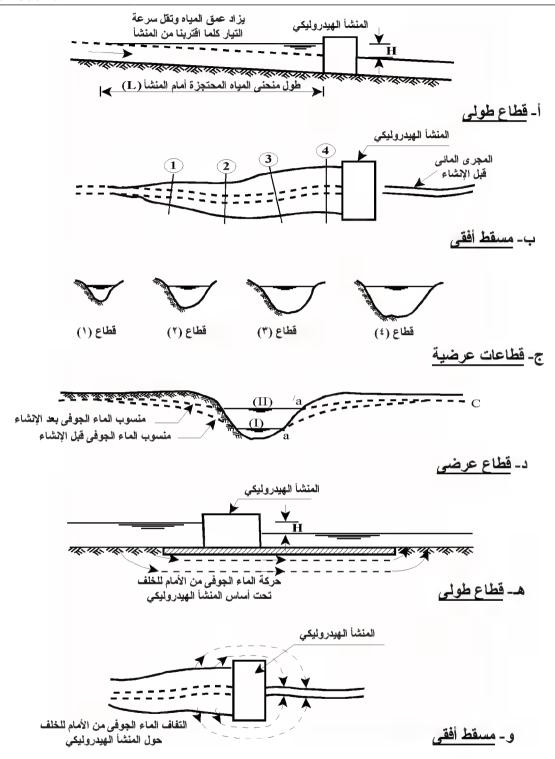
# ٥-٣-١-٣ التأثير على قابلية حمل المواد الرسوبية

نظر اللتغير التدريجي في سرعة تيار المياه أمام المنشأ تتغير قابلية المياه لحمل المواد الرسوبية المسماة بالحمل العالق Suspended Load والرواسب المنقولة المتراكمة على قاع النهر والمسماة بالحمل القاعي Bed Load فكلما قلت سرعة المياه ترسبت الحبيبات الكبيرة في البداية ثم تلتها الحبيبات الأقل حجما حيث تترسب بمحاذاة المنشأ أصغر الحبيبات لأن سرعة التيار تكون ضئيلة ويصبح الماء في ذلك الموقع خاليا من الرواسب بدرجة كبيرة ومع مرور المياه الخالية من الرواسب من الأمام إلى خلف المنشأ فإن قدرتها على حمل الرواسب تؤدي إلى تجريف (نحر) التربة وتسبب انخفاضا عاما في منسوب القاع خلف المنشأ.

# ٥-٣-٢ تأثير التيار المائي على المنشأ الهيدروليكي

## ٥-٣-٣ التأثيرات الميكانيكية

تتمثل هذه التأثير أت في خلق ضغط أستاتيكي وضغط ديناميكي على سطح المنشأ وهناك أهمية كبيرة لقيمة المركبة الأفقية للضغط الأستاتيكي تعمل على زحزحة المنشأ أو إنقلابه أما الضغط الديناميكي فهو يتناسب مع سرعة التيار عادة ويظهر عند حدوث موجات ناشئة عن الرياح الشديدة على سطح الماء جهة الأمام و عند حدوث الزلول و الهزات الأرضية.



شكل (٥-٣) تأثير المنشآت الهيدروليكية الحاجزة للمياه على المجارى المانية

#### ٥-٣-٢-٢ تأثير تسرب المياه تحت المنشأ

نفاذ المياه تحت أساس المنشأ الهيدروليكي يؤدي إلى حدوث الظواهر التالية:

- أ- تسرب أو ضياع المياه من خزان الماء الأمامي.
- ب- ضغط الماء المتسرب على قاعدة المنشأ من أسفل إلى أعلى مما يعمل على تخفيف وزن المنشأ.
- ج- يجرف الماء المتسرب حبيبات التربة الناعمة خلف المنشأ مما يؤدى إلى أضعاف قاعدة المنشأ
   وقد ينتهى الأمر بانهيار المنشأ

ويتم تطويل طريق التسرب إما بزيادة الطول الأفقى للأساس بعمل طبقة غير منفذه للمياه يطلق عليها الموقاء الأمامى (إذا كان الامتداد من جهة الخلف) أو الوقاء الخلفى (إذا كان الامتداد من جهة الخلف) أو تقام تحت أساس المنشأ حواجز (ستائر) عمودية مستعرضة.

## ٥-٣-٢-٣ التأثيرات الكيميائية والفيزيائية

تنعكس هذه التأثيرات على مواد بناء المنشأ حيث يعمل الماء الجارى بسر عات كبيرة والمحمل بالمواد الرسوبية على تآكل الأسطح الحجرية والخرسانية للمنشآت كما تتعرض الأجزاء المعدنية للتآكل مما يجعل سمكها الفعال في تناقص تدريجي مستمر.

# ٥-٤ أعمال تصميم القناطر

#### ٥-٤-١ عام

يعتمد التصميم على الأبحاث والاستقصاءات التى أجريت فى موقع المنشأ للحصول على البيانات والمعلومات الخاصة بالظواهر الطبيعية والتضاريس والتكوين الجيولوجى والخواص الهيدروليكية للمجرى المائى والخصائص المناخية للمنطقة ويشمل التصميم:

- تحديد أقصى تصرف سيمر بالمنشأ المائى ومناسيب الأمام والخلف المقابلة وتعيين الخطوط الكنتورية لمناطق الغمر وبالتالى تحديد سعة الخزان.
  - وضع المخطط الهندسي العام للمنشأ مع تحديد مناسيب مكوناته المختلفة.
- عمل الحسابات الهيدروليكية للمنشأ وحسابات التسرب وتحديد الأشكال والأبعاد الأساسية لمكوناته مثل عدد الفتحات وبحر كل منها وسمك البغال البينية وطرق تقليل التسرب ومقاومة ضغوط التعويم.
- قد يستدعى الأمر فى حالة المنشآت الهيدروليكية الكبيرة إثبات صحة التصميم الهيدروليكى بإجراء تجارب هيدروليكية على نماذج طبيعية مصغرة للمنشأ بعد تحديد أبعاده.
- عمل الحسابات الأستاتيكية والديناميكية للاطمئنان على سلامة واستقرار المنشأ لما يتعرض له من أحمال وقوى ومؤثرات خارجية محتملة.

وينقسم تصميم المنشآت الهيدروليكية عادة إلى التصميم الهيدروليكى والتصميم الإنشائى حيث يختص التصميم الهيدروليكى بتحديد تصرفات المجرى المائى والسرعات المسموح بها فى أجزائه المختلفة ومن ثم تحديد الأبعاد الرئيسية للمنشأ أما التصميم الإنشائى فيتعرض لسلامة مكونات المنشأ تحت الأحمال والقوى الناشئة فى ظروف التشغيل المحتملة.

ومن المعتاد أن تقسم المنشآت الهيدروليكية إلى أجزاء علوية Super Structure وتشمل الدعائم الوسطى (البغال) والدعائم الطرفية (الأكتاف) والحوائط الساندة (حوائط الأجنحة) والعناصر الإنشائية الحاملة للطريق (عقود أو بلاطات أو كمرات) وأجزاء تحتية Sub-Structure وتشمل الأساسات (الفرش والقواطيع والستائر اللوحية).

#### ٥-٤-٢ التصميم الهيدروليكي

#### ٥-٤-٢ السرعات القصوى المسموح بها في الفتحات

يجب ألا تزيد السرعة القصوى للمياه خلال فتحات القناطر  $V_{\rm v}$  عن (ضعف إلى ثلاثة أضعاف) سرعة المياه في المجرى المائي الذي تنشأ فيه القنطرة  $V_{\rm c}$ . وتتراوح قيم السرعات القصوى المسموح بها في فتحات القناطر حسب أهمية القنطرة ما بين (١ - ٣٠٥ متر / ث)

القناطر الصغيرة ١,٠٠ - ١,٥٠ متر / ث القناطر الكبيرة ١,٥٠ - ٢,٠٠ متر / ث القناطر على الأنهار ٢,٥٠ - ٢,٥٠ متر / ث

#### ٥-٤-٢ الطول الكلى لفتحات القنطرة

يحدد الطول الكلى لفتحات القنطرة L بأنه حاصل ضرب عدد الفتحات n وطول الفتحة الواحدة (البحر الخالص) S على النحو التالى :

$$L = n . S ag{5-1}$$

ويمكن أيضا حساب الطول الكلى للفتحات من المعادلة (٥-٢):

$$L = Q / (V_v . d)$$
 (5-2)

حىث

 $\overline{Q}$  =  $\overline{Q}$  =

## ٥-٤-٢ عدد الفتحات والطول الكلى للقناطر بين الأكتاف

يتم اختيار طول الفتحة الاقتصادى (S) (S) (S) (S) (S) (S) مراحه إنشائها) وبمعرفة الطول الكلى الفتحات S يمكن حساب عدد الفتحات المطلوبة S من المعادلة (S) مع مراحاة تصحيح النتيجة المحسوبة ليكون عدد الفتحات رقما صحيحا ويجب مراجعة قيمة سرعة السريان في الفتحات للتأكد أنها في الحدود الآمنة بعد تصحيح عدد الفتحات. وبالرجوع إلى الشكل (S) فإنه يمكن حساب الطول الكلى للقناطر بين الكنفين S0 من المعادلة التالية :

$$L_T = n S + (n-1) E$$
 (5-3)

حيت

عرض الدعامة الوسطى (البغلة) = E

وفى الأحوال العادية تتر اوح النسبة بين الطول الكلى للقناطر بين الأكتاف وعرض قاع المجرى المائى ما بين ٠٦٠٠ إلى ١,٠٠ وذلك لتحقيق تر ابط عام مناسب بين المنشأ و الأعمال التر ابية المحيطة به.

#### ٥-٤-٢ الضاغط المائي

يعرف الضاغط المائى Heading up بأنه الفارق بين منسوبى المياه أمام وخلف المنشأ الهيدروليكى والذى ينشأ نتيجة لاعتراض المنشأ للسريان وضيق مساحة القطاع المائى خلاله عن القطاع الطبيعى للمجرى المائي. ويتم حساب الضاغط المائى للقناطر وهى مفتوحة فتحا كاملا لإمرار أقصى تصرف من خلالها مع مراعاة ألا يزيد هذا الضاغط عن ١٠ سم . ويمكن حساب الضاغط المائى باستخدام احدى المعادلتين التجريبيتين التاليتين (٥-٥) أو (٥-٥) :

$$h = \frac{V_c^2}{2g} \frac{1}{C^2} \left[ \left( \frac{Ac}{Av} \right)^2 - 1 \right]$$
 (5-4)

حبث

h = الضاغط المائي

سرعة المياه في المجرى المائي بدون إنشاء القنطرة متر را  $m V_c$ 

مساحة مقطع المجرى المائى بدون إنشاء القنطرة متر ${
m A_c}$ 

مساحة فتحات القنطرة  $A_{
m v}$ 

c = معامل يتوقف على بحر الفتحة وتؤخذ قيمته على النحو التالى :

۲,۰۰ فتحة بعرض أقل من ۲,۰۰ متر

۰,۸۲ فتحة بعرض يتراوح ما بين ۲,۰۰ - ٤,٠٠ متر

۰,۹۲ فتحة بعرض يزيد عن ٤,٠٠٠ متر

g = 3 عجلة الجاذبية الأرضية ٩,٨١ متر  $\gamma$ 

$$h = \alpha \beta \frac{V_c^2}{2g} \tag{5-5}$$

حبث

معامل تتوقف قيمته على قدر تقلص المساحة عند القنطرة وتحسب قيمته من النسبة lpha

 $(A_c - A_v) / A_c$ 

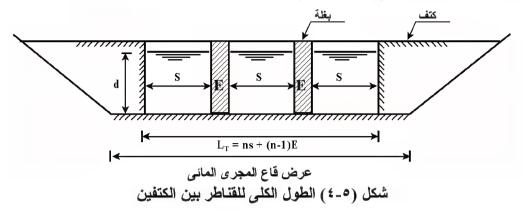
 $\hat{\beta} = \hat{\beta}$  معامل تتوقف قيمته على شكل البغال المستخدمة  $\hat{\beta}$ 

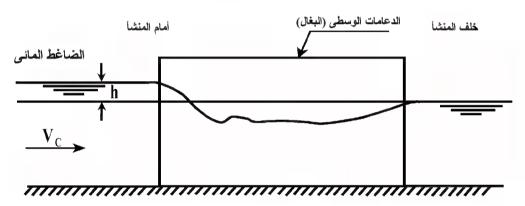
# ٥-٤-٣ العناصر الإنشائية

## ٥-٤-٣ الدعامات الوسطى (البغال)

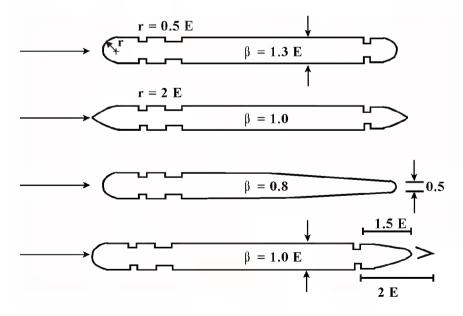
يمكن تحديد عرض البغال تجريبياً بما يساوى 1/1 إلى ٣/١ عرض الفتحة فى حالة البناء بالأحجار أو الخرسانة العادية وعادة ما تعمل بعض بغال القناطر الكبرى على النيل بسمك يصل إلى ضعف السمك العادى ويطلق عليها البغال الكتفية Abutment piers وهى تفصل مجموعات من الفتحات كما هو مبين في الشكل (٥-٧). ويحدد طول البغال بحيث يغطى عرض الطريق فوق القناطر شاملا رصيفى المشاة على الجانبين وعرض الدراوى بالإضافة إلى مسافة كافية لتشغيل أجهزة دفع و إنز ال البوابات بالإضافة إلى التجاويف الرئيسية و الاحتياطية للبوابات Main and emergency grooves .

ويحدد إرتفاع البغال بحيث يكون منسوب سطحها العلوى مع منسوب حائطى الجناحين بالأمام أعلى من أقصى منسوب للمياه في الأمام بمقدار ٥٠ سم.





شكل (٥-٥) إرتفاع المياه أمام المنشأ (الضاغط المائي)



شكل (٥-٥) قيم المعامل β في المعادلة (٥-٥) لأشكال مختلفة من البغال

## ٥-٤-٣ الدعامات الطرفية (الأكتاف)

تبنى الأكتاف من الطوب أو الأحجار أو الخرسانة العادية ويكون الوجه الداخلى للكتف جهة الفتحة رأسيا بينما الوجه الخارجى الساند للأتربة مدرجا أو مائلا بنسبة 1:3 كما هو موضح بالشكل (-1), ويمكن تحديد العرض العلوى للأكتاف  $(t_0)$  بالمتر باستخدام المعادلة (-7) وذلك للقناطر الصغيرة والمتوسطة:

$$t_s = 0.18 \text{ S} + 0.50 \tag{5-6}$$

حيث S طول (بحر) الفتحة متر

#### ٥-٤-٣ العقود فوق البغال والأكتاف

فى حالة استخدام العقود من الخرسانة العادية أو الأحجار فوق البغال والأكتاف لحمل الطريق فإنها تكون دائرية ذات زاوية مركزية تساوى  $^{\circ}$  ويمكن تحديد سمك العقد  $^{(t)}$  بالمتر من المعادلة التالية :

$$t_a = 0.05 + 0.22\sqrt{S} \tag{5-7}$$

ويؤخذ منسوب رجل العقد أعلى من أقصى منسوب للمياه في الأمام بما لا يقل عن ٢٥ سم.

#### ٥-٤-٣-٤ التجاويف (الدروندات)

# ٥-٤-٥ العرض الكلي للقناطر

يشمل العرض الكلى للقناطر عرض الطريق الفعال وعرض الرصيفين على الجانبين وسمك الدراوى والمسافة بين الدروتين الأماميتين اللتين يعمل خلالها جهاز رفع البوابات.

## أ- عرض الطريق الفعال

يتوقف عرض الطريق الفعال على حجم القناطر وموقعها وكثافة المرور فوقها ويتراوح عرض الطريق ما بين (٦- ١٢) متر وعموما يكون عرض الطريق الفعال ٥- ٣,٠ متر و مضاعفاتها.

# ب- عرض الأرصفة

يعمل رصيفان على جانبى الطريق الفعال فوق القناطر ويختلف عرض الرصيف حسب أهمية مرور المشاة ويتراوح عرض الرصيف ما بين (٠,٥٠ - ١,٥٠) متر وفى بعض الأحيان يعمل رصيف واحد بأحد الجهتين بينما يعمل بالجهة الأخرى قدمة لا يتعدى عرضها ٣٠,٠ متر.

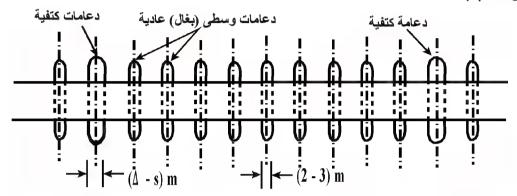
# ج- الدراوى على جانبي الطريق

هناك دروتان رئيسيتان كل منهما على جانبى الطريق الرئيسى أما الدروة الثالثة أمام الدروة الأمامية فتستعمل فقط مع الدروة الأمامية الرئيسية في ارتكاز أوناش تشغيل بوابات القناطر وتتوقف المسافة بين الدروتين الأماميتين على طريقة الموازنات المستخدمة على القناطر ففي حالة استخدام بوابة واحدة

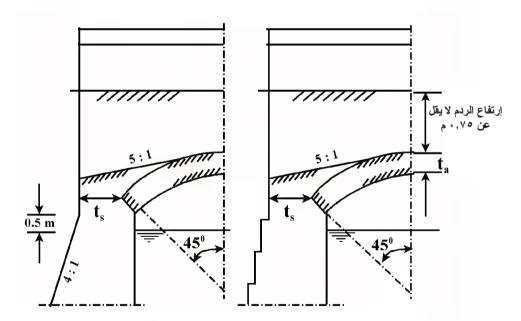
بدر اوند و احد تتر اوح المسافة بين (٠,٥٠ - ٠,٧٠) متر وفي حالة استخدام بو ابتين بدر اوندين فإن المسافة تتر اوح بين (١,٠٠ - ١,٥٠) متر.

# د- منسوب الطريق فوق القناطر

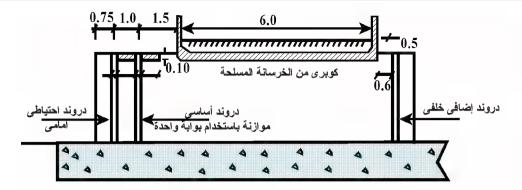
فى حالة استخدام عقود دائرية لحمل الطريق يجب ألا يقل إرتفاع الردم فوق العقود عن ٠,٧٥ متر وذلك لضمان توزيع الأحمال على العقود ولحماية العقود نفسها ولتحقيق ذلك قد يتطلب الأمر فى بعض الأحيان رفع منسوب الطريق فوق القناطر أعلى من منسوب الطرق والجسور المؤدية إليها مع عمل مداخل ممبول مناسبة.

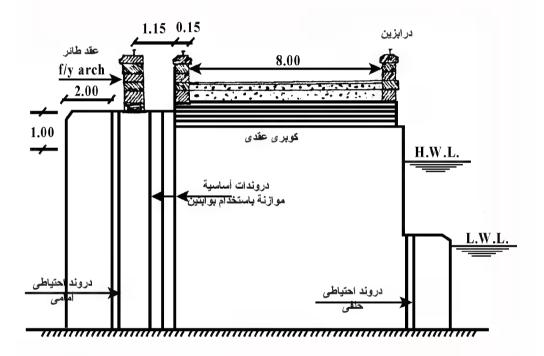


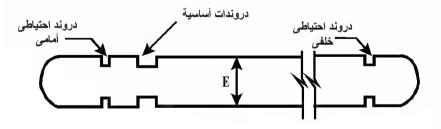
شكل (٥-٧) الدعامات الوسطى (البغال) العادية والكتفية في حالة القناطر الكبرى على الأنهار



شكل (٥-٨) الدعامات الطرفية (الأكتاف)







شكل (٥-٩) أنواع التجاويف (دروندات)

#### ٥-٤-٣- حو انط الأجنحة

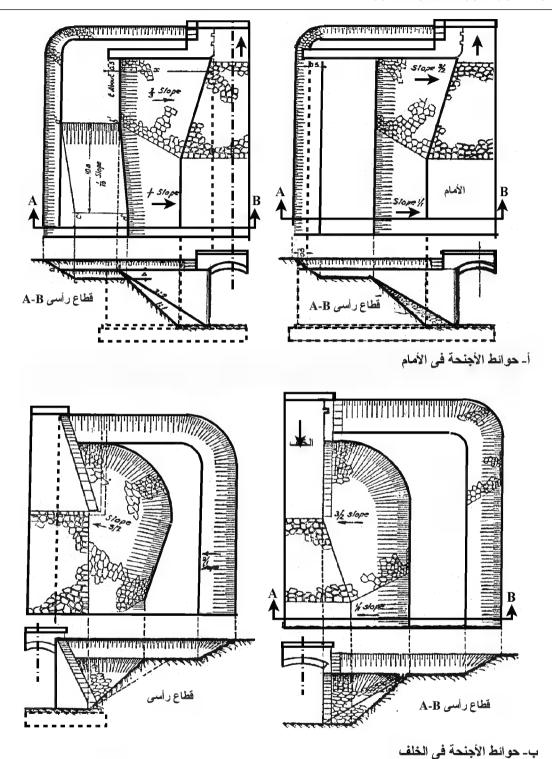
تسمى الأجزاء الأمامية والخلفية بعد كتفى القنطرة بحوائط الأجنحة Wing Walls وتكون حوائط الأجنحة الأمامية عادة من النوع الصندوقى Box Type المتعامد مع اتجاه السريان بينما تكون حوائط الأجنحة في الخلف من النوع المائل متدرج الإرتفاع Sloping Type الموازى لاتجاه السريان أو المنفرج قليلا تجاه الجسرين Sloping splayed type وفي الحالة الأخيرة يجب ألا تتعدى المسافة بين الجناحين بالخلف في المسقط الأفقى عرض المجرى المائي الأصلى ويوضح الشكل (٥-١٠) نماذج لحوائط الأجنحة بالأمام والخلف.

ولتقدير امتداد الحائط من جهة الأمام فإن المسافة من نهاية الدروة الأمامية للطريق والدروند تؤخذ في حدود ٠,٣٥ - ٠,٥٠ متر بينما تحسب المسافة Z من الدروند الخارجي وحتى بداية حائط الأجنحة الأمامي بالمتر باستخدام المعادلة التالية :

$$Z = 0.87 E + S/4 + 1.00$$
 (5-8)

حيث E عرض الدعامة الوسطى (البغلة) بالمتر ، S طول الفتحة (البحر) بالمتر.

وتكون حوائط الأجنحة رأسية تجاه المياه ومائلة من الجهة الداخلية الساندة للأتربة (١ أفقى: ٤ رأسي) وفى حالة الإنشاء من الخرسانة العادية أو مبانى الطوب أو الأحجار فإن البعد المبدئى لسمك الحائط من أعلاه يؤخذ خمس إرتفاع الحائط.



شكل (٥-٠١) نماذج لحوائط الأجنحة في الأمام والخلف

#### ٥-٤-٤ فروشات القناطر

#### ٥-٤-٤ الأهداف من وجود الفرش

توجد ثلاثة أهداف رئيسية من وجود الفروشات أسفل القناطر:

- توزيع الأحمال والأوزان الخاصة بالدعامات الوسطى (البغال) والدعامات الطرفية (الأكتاف) ونقلها اليربة تحت فرش القنطرة بما لا يتعدى الحدود الآمنة لاحتمال التربة.
- حماية القناطر من ظاهرة نخربة التربة أسفلها نتيجة لسريان المياه وذلك بتوفير الطول اللازم الذى يضمن عدم حدوث هذه الظاهرة.
- ضمان عدم حدوث ظاهرة النحر المحلى بقاع المجارى المائية خلف القناطر وذلك عن طريق توفير طول الفرش اللازم لتحدث فوقه القفزة الهيدروليكية Hydraulic jump للتخلص من السرعات الزائدة والاضطرابات المصاحبة لخروج المياه من الفتحات.

## ٥ ـ ٤ ـ ٤ - ٢ الطبقات المكونة لفرش القناطر

كما يتم وضع طبقة من الخرسانة الناعمة أعلى سطح طبقة الخرسانة المسلحة بسمك ١٠ سم بحيث تكون نسبة الأسمنت بها تساوى نسبة الأسمنت فى الخرسانة المسلحة ويكون الزلط الداخل فى مكونات هذه الطبقة من النوع الرفيع بحيث لا يتعدى أقصى قطر له ٢ سم كما يستحسن وضع طبقة من بلوكات المجرانيت وذلك فى المنشآت المائية الكبرى مثل تلك المقامة على نهر النيل وتعمل هذه الطبقة كطبقة خارجية تكسو الطبقة العليا من الفرش المكونة من الخرسانة المسلحة. وحيث أن هذه الطبقة تقاوم التآكل نتيجة لسريان المياه فوق الفرش فيجب ألا تؤخذ فى الاعتبار عند حساب مقاومة الفرش لقوى التعويم وكذلك عند حساب مقاومة عزوم الانحناء وقوى القص ويوضح الشكل (١١-١) الطبقات المكونة لفرش القناطر.

# ٥-٤-٤ أجزاء الفرش

يتكون الفرش عادة من الأجزاء الثلاثة التالية:

# أ- الفرش الأمامي Upstream Apron

وهو الجزء من الفرش الموجود أمام مقدمة دعامات وأكتاف القنطرة وهذا الجزء يتعرض لقوى رأسية تتكون من وزن الماء فوقه ووزن الفرش في هذا الجزء والضغط المتولد من أسفل إلى أعلا نتيجة سريان الماء في التربة أسفل الفرش وعادة ما تكون المحصلة لأسفل وبالتالي فإن سمك هذا الجزء يكون صغيرا ويجب ألا يقل عن ٠٥٠٠ متر.

# ب- الفرش الأوسط Middle Apron

وهو الجزء الرئيسي من الفرش الواقع تحت دعامات وأكتاف القناطر ويصمم هذا الجزء على اعتبار أنه بلاطة مستمرة مقلوبة.

#### ج- الفرش الخلفي Down Stream Apron

و هو الجزء من الفرش الواقع خلف نهاية دعامات وأكتاف القنطرة وطول هذا الجزء يجب أن يكون كافيا لمنع حدوث نحر محلى بقاع المجرى خلف القناطر. ويعين سمك هذا الجزء من الفرش لمقاومة قوى التعويم في الأساس.

ويمكن تقسيم فروشات القناطر أيضا إلى فروشات مصمتة وفروشات غير مصمتة ويعمل الفرش المصمت من الخرسانة لمقاومة أحمال وأوزان المنشأ بالإضافة إلى ضغط التعويم من أسفل لأعلى وما يترتب عليها من عزوم انحناء وقوى قص أما الفرش غير المصمت فهو يتكون من جزئين أحدهما أمام الفرش المصمت و الأخر خلفه. ويتكون هذا النوع من الفرش من طبقة التدبيش الموجودة على قاع المجرى في الأمام والخلف أو طبقة بلوكات خرسانية. وأحيانا يكون تحت طبقة التدبيش هذه أو طبقة البلوكات الخرسانية الموجودة أمام الفرش الخرسانية الموجودة أمام الفرش الخرساني طبقة من الطين الأصم (غير المنفذ) وذلك لمنع تسرب الماء من خلاله. وفي هذه الحالة يجب أن يؤخذ طول هذا الفرش في الاعتبار عند حساب طول مسار التسرب الماء من خلاله. وفي هذه الحالة يجب أن يؤخذ طول هذا الفرش في الاعتبار عند حساب طول مسار التسرب الماء من خلاله.

أما الجزء الواقع بالخلف فيجب أن يكون منفذا وبالتالى فإنه لا توضع طبقة الطين الأصم تحت طبقة التدبيش أو البلوكات الخرسانية وذلك حتى يعمل هذا الجزء كمرشح وذلك بوضع الفلتر المقلوب بدلا منها حتى يسمح بخروج حبيبات التربة.

#### ٥ ـ ٤ ـ ٤ ـ ٤ طول الفرش

يجب أن يكون طول الفرش مستوفيا لشروط التصميم الخاصة بمقاومة نخربة التربة الناشئة من تسرب المياه تحت الفرش وكذلك مقاومة النحر بضمان حدوث القفزة الهيدروليكية فوق الفرش.

ويمكن حساب طول مسار التسرب بتطبيق معادلة بلاى أو معادلة لين اللتين تم الإشارة إليهما فى الباب الرابع الخاص بالهدارات (البند ٤-٥-١) كما يمكن رسم شبكة السريان التى تم الإشارة إليها فى البند (٤ -٥-٢) وذلك لحساب ضغط التعويم على الفرش وتحديد سرعة خروج المياه عند نهاية الفرش المصمت من الخلف وحساب كمية التسرب تحت القنطرة.

ويلزم لتحديد طول مسار التسرب تحديد قيمة الضاغط المائى الأقصى H نتيجة فرق التوازن المعرضة له القنطرة أى الفرق الأقصى بين منسوبى المياه فى الأمام والخلف وعادة ما تؤخذ الحالة الحرجة عند إغلاق القنطرة بالكامل فى فترة أقل الاحتياجات المائية وبالتالى فإن القيمة القصوى للضاغط المائى تساوى الفرق بين المنسوب المائى الأقل فى الأمام ومنسوب الفرش فى الخلف.

وتستخدم المعادلة (٤-١٣٣) التي سبق الإشارة إليها في البند (٤-٦-١) لحساب طول الفرش اللازم لمقاومة النحر والذي يقاس من خلف الدعائم الوسطي (البغال) حسب ما هو مبين في الشكل (٥-١٢).

# ٥-٤-٤- سمك الفرش

## أ-سمك الفرش في الجزء الأمامي

وهذا الجزء من الفرش هو الجزء الواقع من بداية الفرش وحتى مقدمة دعامات القنطرة. وفى هذا الجزء من الفرش يوجد عمق مائى كبير فى الأمام ويكون محصلة وزنه بالإضافة إلى وزن الفرش إلى أسفل أكثر من قوة الدفع الرأسى من أسفل إلى أعلى والمتولدة من الماء المتسرب (Uplift) وبذلك فإن محصلة هذه القوى الرأسية جميعها تكون من أعلى إلى أسفل. وبالتالى فإنه يمكن فرض سمك هذا الجزء من

الفرش  $(t_1)$  في حدود 0.00 م وهي القيمة الدنيا لسمك فرش القنطرة. وإذا كان طول هذا الجزء الأمامي أقل من 1 متر فإنه يجب أن يكون سمكه مساويا لسمك الجزء التالى له والواقع تحت دعامات القنطرة وذلك حتى يمكن تفادى حدوث أى شروخ بين هذا الجزء والجزء الذى يليه مما يقلل طول خط الرشح الأمر الذى يؤثر على سلامة القنطرة.

## ب- سمك الفرش في الجزء الأوسط

يعتبر هذا الفرش الجزء المهم حيث أنه يمثل طبقه التأسيس التي تحمل دعامات القنطرة والبوابات ومنشآت رفعها وكذلك الكوبري الموجود في أعلى القنطرة. وبالتالي فإنه من المتوقع أن يكون سمكه ( $t_2$ ) أكبر من سمك الجزء الأمامي ( $t_1$ ) أو الجزء الخلفي ( $t_3$ ). وفي حالة القناطر الصغرى والتي تتكون من فتحة واحدة فإن سمك الفرش يكون ثابتا أي أن  $t_1 = t_2 = t_3$ . وبالنسبة للقناطر المتوسطة فإنه يتم فرض قيمة ( $t_2$ ) بالمتر من المعادلتين التاليتين أيهما أكبر إذا ما كان الفرش يتكون من الخرسانة العادية:

$$t_2 = (0.80 \text{ to } 1.00) \sqrt{\text{H}}$$
 (5-9)

$$t_2 = S/4 + 0.5\sqrt{H} \tag{5-10}$$

حيث (H) هو أكبر ضاغط مائى تتعرض له القنطرة ، (S) هو العرض الحر للفتحة. ويشمل سمك الفرش لهذا الجزء  $(t_2)$  كلا من طبقتى الخرسانة العادية أو العادية والمسلحة ويتم التأكد من صلاحية قيمة السمك  $(t_2)$  لمقاومة كل من ضغوط الماء من أسفل لأعلى و اجهادات عزوم الانحناء وقوى القص.

وبالنسبة للتأكد من صلاحية سمك الفرش في مقاومة ضغوط التعويم فإنه من الملاحظ أن هذا الجزء من الفرش معرض لقوى كثيرة تقاوم تأثير ضغط الماء من أسفل لأعلى وبالتالى فإنه من المتوقع أن تكون القيمة ( $t_2$ ) المفروضة أصغر من قيمة ( $t_2$ ) المستنتجة من المعادلة ( $t_2$ ) التي تضمن أن يكون وزن الفرش أكبر من ضغوط التعويم.

$$t_2 = h_2 / (\gamma_f - 1)$$
 (5-11)

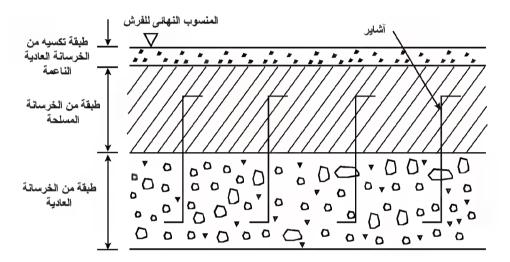
حىث

فيمة ضاغط التعويم بالمتر ويتم حسابها برسم منحنى ضغوط التعويم كالمبين بالشكل (٥-١٣)  $+ h_2$  التثاقل النوعى (النسبة بين وزن وحدة الحجوم لخرسانة الفرش والوزن النوعى للماء)

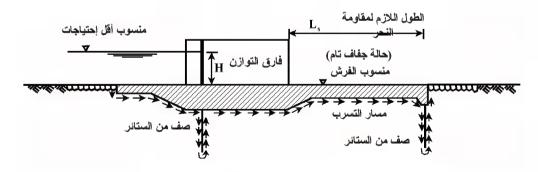
ونسبة تخفيض قيمة  $(t_2)$  المفروضة عن القيمة النظرية تعتمد على العرض الحر لفتحة القنطرة (S). وبصفة عامة إذا ما كان عرض الفتحة يساوى أو أقل من ١٠ متر  $(S \ge 10 \text{ m})$  فإنه يهمل التأكد من قيمة صلاحية قيمة  $(t_2)$  المفروضة. أما إذا كانت قيمة عرض الفتحة أكبر من ١٠ متر  $(S \ge 10 \text{ m})$  فإنه يتم التأكد من صلاحية سمك هذا الجزء لمقاومة ضغط ماء الرشح وكذلك الاجهادات الناتجة عن عزوم الانحناء وقوى القص.

وبالنسبة للتأكد من صلاحية هذا الجزء في مقاومة الاجهادات الناتجة عن عزوم الانحناء وقوى القص فإنه تؤخذ الحالة الحرجة للتحميل وهي التي تلى مرحلة الإنشاء مباشرة وقبل مرور الماء بالقنطرة. وبالتالى فإنه لا يوجد ضغط هيدروستاتيكي على أكتاف القنطرة نظرا لعدم وجود ماء وكذا لا توجد ضغوط تعويم لنفس السبب أيضا. وبالتالى فإن خطوات التصميم لفرش القنطرة المتماثلة تكون كما يلى (حالة ما إذا كان عرض الفتحة الحر (S) أقل من ١٠ متر).

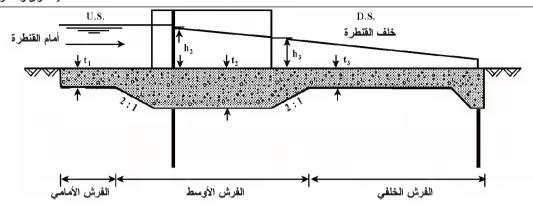
- يمكن اعتبار شريحة الفرش تحت كوبرى القنطرة بعرض ١ متر كما هو مبين بالشكل (٥-٤١) ثم رسم قطاع القنطرة عند هذه الشريحة كما هو موضح بالشكل (٥-١٥).
- يتم أخذ حمل حى موزع بإنتظام على سطح الكوبرى ٢,٥ طن / متر مربع والذى يتضمن معامل الاصطدام Impact Coefficient .
- سيمكن فرض أبعاد الكوبرى ثم تحسب قيمة ردود الفعل عند نقط الارتكاز  $R_b$  والناتجة عن إضافة الحمل الحي مع الحمل الميت.
- يقسم قطاع أكتاف القنطرة وكذلك شكل الضغط العرضى الناتج عن التربة وذلك لتسهيل حساب الأوزان والضغوط وبيان مراكز الثقل لكل منها وذلك كما هو مبين بالشكل (٥-٥)أ.



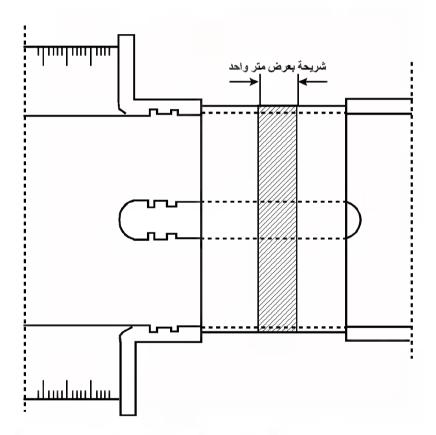
شكل (٥-١١) نموذج للطبقات المكونة لفرش القناطر



شكل (٥-١٢) طول الفرش اللازم لمقاومة النحر



شكل (٥-٣١) ضغط التعويم على أجزاء الفرش المختلفة



شكل (٥-٤١) إجراء حسابات سمك الفرش تحت كوبرى القنطرة لشريحة عرضها متر واحد

ويراعى عدم إهمال الأحمال الحية على الأكتاف ويحسب ضغط التربة العرضى (e) عند أى عمق (h) من أعلى مداخل ومخارج الكوبرى فوق القنطرة بمعادلة Rankine

$$e = \gamma_e h K_a \tag{5-12}$$

حيث

وزن وحدة الحجوم لتربة الردم خلف الأكتاف  $\gamma_e$ 

معامل ضغط التربة الجانبي ويعطى بالمعادلة (٥-١٣) حيث  $\Phi$  زاوية الاحتكاك الداخلي لتربة الردم

$$K_a = (1 - \sin \Phi) / (1 + \sin \Phi)$$
 (5-13)

ويحسب ضغط التربة المكافئ عند مستوى الطريق  $(e_0)$  نتيجة للحمل الحى الموزع (w) بالطن لكل متر مربع من المعادلة (-0.1)

$$e_0 = K_a \cdot w$$
 (5-14)

ويمكن حساب القوى الأفقية على الأكتاف والناشئة من الأحمال الرأسية وضغوط الأتربة كالتالى:  $E_1 = h.e_0$  وتؤثر على مسافة  $E_1 = h.e_0$  أعلى منسوب الفرش،  $E_1 = h.e_0$  وتؤثر على مسافة  $E_1 = h.e_0$  أعلى منسوب الفرش. وبنفس الطريقة يمكن حساب قيمة قوة ضغط التربة الأفقية  $E_3$  المؤثرة على فرش القنطرة. وباعتبار المستوى السفلى لفرش القنطرة  $E_1$  المؤثرة الشكل (٥-٥) والذى يبلغ طوله ( $E_1$ ) والذى يبلغ طوله للتربة وباعتبار أن الفرش كتلة صلبة يمكن أن تتحرك رأسيا أو تدور حول أحد الحواف فإن رد الفعل المتربة سيكون منتظما ومساويا القيمة ( $E_1$ ) التي يمكن حسابها بقسمة الأحمال الرأسية على مساحة الفرش كالتالى:

$$\delta = \left[ (2w_1 + 2w_2 + \dots + 2w_8) + 4R_b + W_p + W_f \right] / (L \times 1)$$
 (5-15)

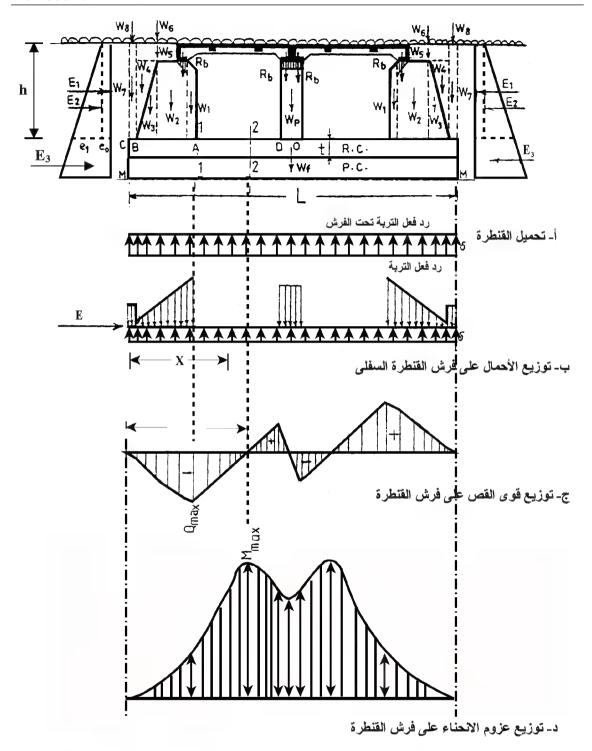
حيث

وزن الدعامة الوسطى ،  $W_{\mathrm{f}}$  وزن الفرش وذلك للمتر الطولم  $W_{\mathrm{p}}$ 

ويجب ألا يتعدى الضغط على التربة الإجهاد الآمن لها من واقع أبحاث التربة بالمشروع ويمكن الاسترشاد بالقيم الآتية لجهد التحميل الآمن للتربة من واقع تصنيفها.

Medium stiff Clay	$0.70 \text{ Kg/cm}^2$
Agriculture Soil	$1.00 \text{ Kg/cm}^2$
Silty Clays	1.25 Kg/cm <sup>2</sup>
Clayey Silts	$1.50 \text{ Kg/cm}^2$
Silt and Fine Sands	$2.00~\mathrm{Kg/cm^2}$
Nile Soils	2.25 Kg/cm <sup>2</sup>

- يتم تحديد الأحمال على المستوى السفلى للفرش M-M كما هو مبين بالشكل (٥-٥) ب .



شكل (٥-٥) طريقة حساب سمك الفرش في الجزء الثاني تحت دعامات قنطرة متماثلة

- يتم حساب قوى القص وكذا عزوم الانحناء وذلك على اعتبار أن قطاع الفرش ذو جساءة عالية وبذلك تكون العلاقة بين الأحمال (P) طن / متر مربع وقوى القص للمتر الطولى Q كما يلى

$$Q_{x} = \int_{0}^{x} -P_{x} dx = \sum -P.\Delta x$$
 (5-16)

وبالتالي فإن عزوم الانحناء (M) بالطن متر على مسافة (x) من طرف الفرش تعطى بالمعادلة (N-1)

$$M_x = \int_0^x Q_x dx = \sum Q_x . \Delta x$$
 (5-17)

- تكون أقصى قوى قص عند القطاع (١-١) عند حافة كتف القنطرة وعند القطاع (٢-٢) تنعدم قوى القص ويبلغ عزم الانحناء قيمته القصوى.
- سواء كان الفرش من الخرسانة العادية أو من الخرسانة المسلحة فإن ضغط التربة سوف ينتقل إلى الفرش كقوى ضغط عمودية وتكون القنطرة متماثلة حول محور الفرش.

### فرش القنطرة من الخرسانة العادية

إذا كان فرش القنطرة من الخرسانة العادية يكون إجهاد القص الأقصى  $q_{max}$  عند القطاع 1-1 ويعطى بالمعادلة  $\cdot$ 

$$q_{\text{max}} = \frac{3}{2} \frac{Q_{\text{max}}}{100 \,\text{t}} > 5.0 \,\text{Kg/cm}^2$$
 (5-18)

حيث (t) سمك الفرشة الخرسانية بالسنتيمتر.

وتكون أقصى إجهادات ناتجة عن عزم الانحناء عند القطاع ٢-٢ وتعطى بالمعادلة:

$$f_{t} = \frac{-N}{100 t} \pm \frac{6 M}{100 t^{2}} \not\models f_{\text{allowable}}$$
 (5-19)

وبصفة عامة فإنه يوجد شد في الشرائح العليا من الفرش و الذي يجب ألا تزيد إجهادات الشد عنده عن ١٢ كجم / سم ويوجد ضغط في الشرائح السفلي من الفرش و الذي يجب ألا تزيد قيمته عن ٤٥ كجم / سم .

وبوجه عام يفضل ألا تستخدم الخرسانة العادية فقط فى إنشاء الفرش حتى ولو كانت تتحمل الإجهادات الناتجة وذلك لتفادى حدوث شروخ بها نتيجة الانكماش وبالتالى يفضل أن يكون الفرش من الخرسانة المسلحة.

## فرش القنطرة من الخرسانة المسلحة

يمكن تعيين أقصى عزم انحناء (M) عند القطاع  $^{-7}$  بالشكل  $^{-0}$ ) بالكيلوجر ام سنتيمتر وكذلك قوة الضغط (N) المصاحبة بالكيلوجر ام ويتم حساب سمك الفرش الفعال (d) بالسنتيمتر ومساحة حديد التسليح  $(A_s)$  بالسنتيمتر المربع من المعادلات التالية :

$$d = K_1 \sqrt{M/100}$$
 (5-20)

$$A_s = (M / K_2 d) - (N / 1000)$$
 (5-21)

ويتم اختيار كل من المعاملين  $K_1$  على أساس

 $(f_c = 45 \text{ Kg/cm}^2, f_s = 1000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ and } n = 10)$ 

حيث

إجهاد الضغط المسموح به في الخرسانة  $\mathrm{f_c}$ 

إجهاد الشد المسموح به في حديد التسليح  $f_{\rm s}$ 

n = نسبة معامل مرونة الحديد إلى معامل مرونة الخرسانة

وتكون أقصى إجهادات قص عند القطاع ١-١

$$q_{max} = Q_{max} / 100 d > 5 \text{ Kg/cm}^2$$
 (5-22)

ويمكن استعمال طريقة حالات الحدود لتصميم القطاعات حسبما جاء بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخر سانية المسلحة

## ج- سمك الفرش في الجزء الخلفي

وهو الجزء من الفرش الذى يبدأ من خلف نهايات دعامات القنطرة وحتى نهاية الفرش. وعند حساب سمك هذا الجزء فإنه دائما ما يتم تجاهل صلابة الفرش (Rigidity) عند حوائط الأجنحة بالخلف وبالتالى فإنه لا يوجد إجهادات عزم في الاتجاه العرضي وأيضا يتم تجاهل عزوم الانحناء في الاتجاه الطولى وذلك لإمتداد الفرش خلف الدعامات وبالتالى فإنه عند تصميم الفرش في هذا الجزء لتعيين سمكه (t) فإنه يؤخذ في الاعتبار الضغط المتولد من التعويم (Uplift) ووزن البلاطة فقط. وبفرض أن (h3) تساوى الإحداثي الأقصى لقيمة ضغط الماء من أسفل إلى أعلى مقاسا من فوق منسوب الفرش وحتى خط ضغط ماء الرشح عند نهاية الدعامة مباشرة كما هو موضح في الشكل (٥-١٣) فإنه يمكن حساب سمك هذا الجزء من الفرش من المعادلة الآتية في حالة استخدام خرسانة عادية:

$$t_3 = (1.3 h_3) / (\gamma_f - 1)$$
 (5-23)

حيث  $(\gamma_f)$  تساوى التثاقل النوعى Specific Gravity لخرسانة الفرش و  $(h_3)$  بالمتر  $(t_3)$  بالمتر و أقل قيمة لسمك هذا الجزء هو ١٠٠٠ م. وفى حالة ما إذا كان هذا الجزء طويلا جدا فإنه من المستحسن أن يتم تغيير سمكه تدريجيا حسب قيمة ضغط ماء الرشح من أسفل إلى أعلى و التى تقل فى اتجاه الخلف.

وفى حالة كون الفرش الخلفى بلاطة من الخرسانة المسلحة يتم أخذ شريحة بعرض ١ م وبطول  $\ell$  بين حوائط الأجنحة ويحسب عزم الانحناء من المعادلة :

$$M = w \ell^2 / 10 \tag{5-24}$$

حيث w تساوى وزن المتر المربع من الفرش إلى أسفل  $(\gamma_f \ t)$  مطروحا منه قوى الدفع إلى أعلى وتساوى  $(\gamma_w \ h_3)$  أي :

$$\mathbf{w} = \gamma_{\mathbf{f}} \, \mathbf{t}_3 - \gamma_{\mathbf{w}} \, \mathbf{h}_3 \tag{5-25}$$

#### ٥-٤-٤ الأنواع الأساسية للقواطع الرأسية Vertical Cutoffs

تستخدم القواطع الرأسية في إطالة مسار التسرب وبالتالي تعمل على تقليل قيمة ضغط التعويم على الفرش من أسفل لأعلى وأيضا تساعد على تقليل ميل الانحدار الهيدروليكي عند نهاية الفرش Exit Gradient والذي يتسبب في حدوث ظاهرة فوران التربة وحدوث الخلخلة خلف الفرش وتوجد أنواع مختلفة من القواطع الرأسية منها ما يلى:

- الخوازيق من الحديد الزهر.
- الستائر المعدنية المصنوعة من الصلب.
- القواطع الرأسية المكونة من صفين من الستائر المصنوعة من الصلب مع ملء الفراغ بينهما بالخرسانة العادية.
  - القواطع الرأسية المصنوعة من الخرسانة سابقة الإجهاد.
  - القواطع الرأسية المكونة من الخرسانة اللدنة (بنتونيت + أسمنت)

#### ٥-٥ اليوابات

تعمل البوابات التى تزود بها فتحات القناطر أو المنشآت المائية الأخرى على التحكم فى مرور التصرفات من الأمام إلى الخلف وذلك لضمان حسن إدارة المياه مما يؤدى إلى عدالة التوزيع بين مستخدمى المياه وفيما يلى وصف لأهم الأنواع المستخدمة فى شبكة الرى المصرية.

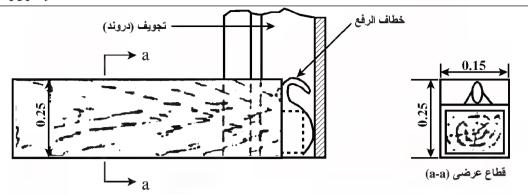
#### ٥-٥-١ أخشاب الغماة الأفقية Horizontal Timber Logs

عادة ما تستخدم الكمرات الخشبية بعرض ٢٠,٠ متر في إغلاق فتحات القناطر ذات العروض التي لا تتعدى ٣ متر وتنزلق هذه الكمرات داخل مجارى رأسية (دروندات) موجودة في دعامات القنطرة وذلك كما هو موضح بالشكل (٥-١٦) وتستخدم أخشاب الغماة الأفقية غالبا في الأعمال المؤقتة.

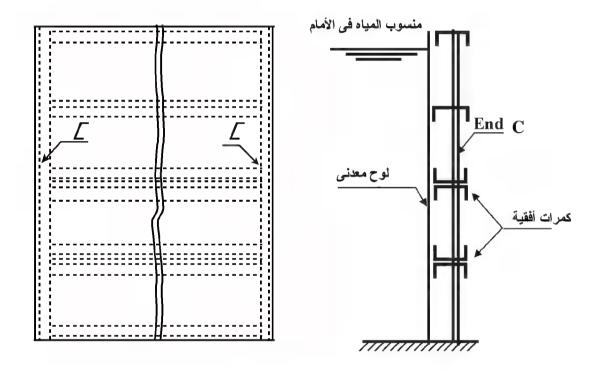
#### ٥-٥-٢ البوابات الحديدية الرأسية

وهى التى تتحرك فى مستوى رأسى وتتكون البوابات من هيكل حديدى يحتوى على كمرات أفقية مركب عليها لوح أمامى من الصلب ومثبت تثبيتا جيدا بهذه الكمرات ويكون عرض الهيكل الحديدى مساويا لعرض فتحة القنطرة بالإضافة إلى مقدار الدخول فى الدروندات ويتحرك هذا الهيكل المعدنى داخل مجارى رأسية مشكلة فى دعامات القنطرة وفى أكتافها ويوضح الشكل (٥-١٧) هذا النوع من البوابات. وفى بعض الحالات يتم تزويد جوانب البوابة بعجل وذلك انقليل قوى الاحتكاك المتولدة عن حركة البوابة إلى أسفل أو إلى أعلى. ويجب أن توضع طبقة من مادة كاتمة لتسرب الماء أسفل هذه البوابات وكذلك من جوانبها.

وفى بعض الأحيان إذا كانت هذه البوابات ضخمة فإنها تزود بثقل معدنى مكافئ Counter Weight و في بعض الأحيان إذا كانت هذه البوابات الحديدية بصفة على عدة أنواع منها ما يلى:



شكل (٥-١٦) أخشاب الغماة الأفقية



شكل (٥-١٧) البوابات الحديدية الرأسية

# ٥-٥-٢-١ البوابات ذات الألواح المعدنية

وهى تستخدم فى إغلاق القناطر ذات الفتحات الضيقة أو لإغلاق خطوط الأنابيب الحاملة للتصرفات المائية وتوضح الأشكال (٥-١٨) نماذج لهذا النوع من البوابات.

## ٥-٥-٢-٢ البوابات ذات الألواح والكمرات الحديدية

فى هذا النوع من البوابات يتم تثبيت الألواح الحديدية على كمرات ذات مقطع على شكل (I) أو على شكل مجرى Channel . وتكون الألواح الحديدية فى مواجهة الماء وبالتالى فإنه يقع عليها الضغط الأستاتيكي المتولد من الماء بالأمام وتنقله إلى الكمرات الحديدية المثبتة عليها والتي بدورها تتقلها إلى الدروندات عند نقط ارتكازها وتوضع الكمرات الحديدية على مسافات يتم تحديدها بعد بيان شكل توزيع

الضغط الأستاتيكي للماء حيث يتم تقسيمه إلى مساحات متساوية ويتم وضع الكمرات الحديدية عند مراكز تقل هذه المساحات وذلك كما هو مبين في الشكل (٥-١٩).

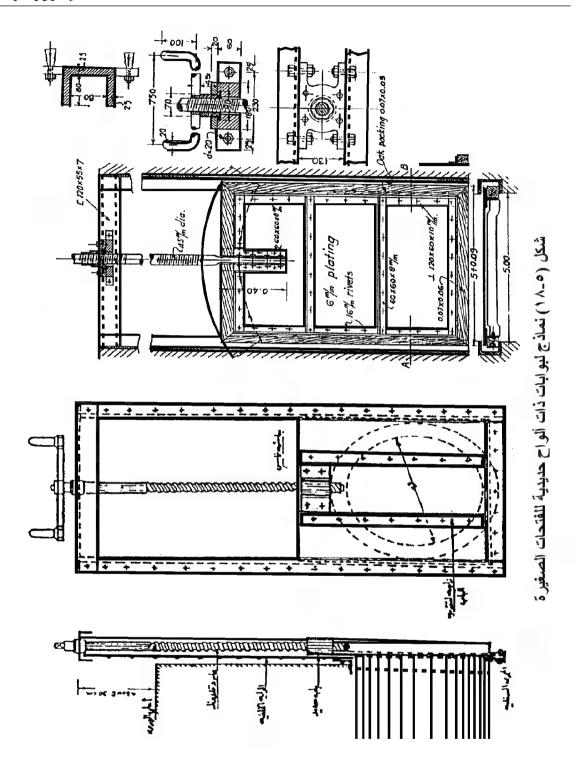
# ٥-٥-٢ البوابات الثنائية لكل فتحة

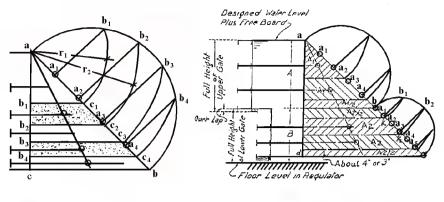
يستخدم هذا النوع من البوابات في حالة ما إذا كانت الأعماق المائية بالأمام تزيد عن 3 متر وإذا ما كانت المساحة السطحية للبوابة الواحدة (وهي التي تساوي حاصل ضرب عرض الفتحة والعمق المائي الأقصى بالأمام) أكبر من 0 متر امربعا والهدف من استخدام بوابتين تتزلقان داخل مجريين منفصلين هو تقليل قوى الرفع المطلوبة خاصة لو استخدمت بوابة واحدة وكانت غير مزودة بأوزان تثاقلية أو بعجل على جوانبها لتقليل قوى الاحتكاك. ويجب أن يكون عرض المجرى الذي تتحرك فيه البوابة أكبر من سمك البوابة (عمق الكمرات + سمك اللوح المعدني) بمقدار 0 سم كما هو موضح بالشكل 0 ويراعى أن يكون هناك تداخل بين كل من البوابتين العليا والسفلى مقدار 0 متر وتكون البوابة العليا أعلى من أقصى منسوب بالأمام بمقدار 0 متر 0.

وبالتالى فإنه يمكن تعيين إرتفاع كل بو ابة منهما بالمتر من المعادلة الآتية : (-77) الأقصى بالأمام + (-77) + (-77) + (-77)

### ٥-٥-٤ البوابات طراز فهمي حنين

تستخدم بوابة واحدة لكل فتحة وتعمل هذه البوابات عن طريق عجلة تشغيل واحدة تنقل الحركة إلى مجموعة من التروس تؤدى إلى حركة البوابة إما إلى أعلى أو إلى أسفل ويمكن استخدام عجلة تشغيل واحدة في حركة مجموعة من البوابات إذا ما كانت مرتبطة ببعضها عن طريق عامود سحب واحد والشكل (٥-٢١) يوضح هذا النوع من البوابات.

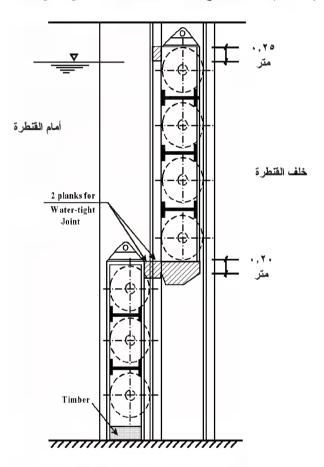




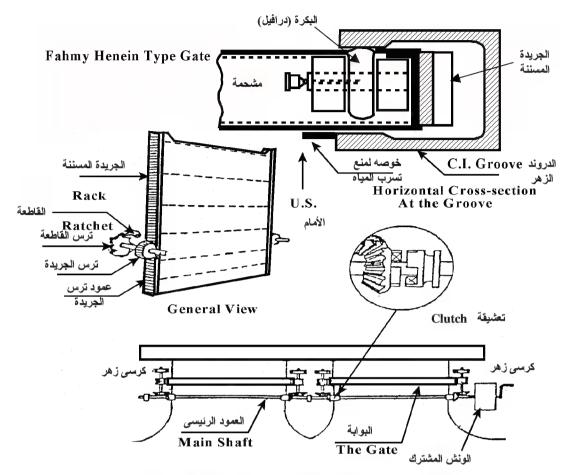
أ- بوابة واحدة

ب- بوابتان لفتحة واحدة

# شكل (٥-٩) تقسيم شكل توزيع الضغط الهيدروستاتيكي على البوابة لمساحات متساوية



شكل (٥-٠١) البوابات الثنائية لكل فتحة



شكل (٥-١) الشكل العام للبوابات طراز فهمى حنين

## ٥-٥ البوابات الدائرية Radial Gates

#### ٥-٥-٣-١ عام

تتكون هذه البوابات من قطع دائرية تدور حول مفصلة خلال أذرع نصف قطرية كما هو موضح بالشكل  $(^{\circ}-YY)$  وعادة ما يكون اللوح الخارجي للبوابة دائريا ذا نصف قطر ثابت وبذلك فإن محصلة ضغط الماء الأستاتيكي تكون في اتجاه مركز البوابة وتعتبر قوى الاحتكاك المتولدة نتيجة دور أن البوابة صغيرة نسبيا إذا ما قورنت بقيمة قوى الضغط الهيدروستاتيكي المعرضة لها البوابة جهة الأمام. ويفضل استخدام البوابات الدائرية في الفتحات ذات العروض الكبيرة (أكبر من  $\Lambda$  متر) وفيما يلي أهم أنواعها:

- البوابات الدائرية العادية Ordinary Radial Gates
- البوابات الدائرية المدعمة Counter forted Radial Gates
- البوابات الأسطوانية للفتحات الكبيرة (أكبر من ٢٠ متر) Drum Gates

#### ٥-٥-٣ التركيب الإنشائي للبوابات الدائرية

الحديد الخارجي للبوابة يشكل جزءا من أسطوانة لها نصف قطر (R) تتراوح قيمته ما بين (۲٫۱ - ۱٫۲) حيث (H) أكبر عمق مائى أمام القنطرة وفي بعض الأحيان يصل نصف القطر (R) إلى (۲٫۰۰ - ۲٫۰۰) وذلك إذا ما كانت مفصلة البوابة مثبتة في منسوب أعلى من منسوب الماء بالأمام وفي جميع الحالات يجب أن يكون منسوب المفصلة أعلى من منسوب المياه في الخلف.

- الهيكل الحديدى ويعمل على نقل ضغط الماء الذى يؤثر على اللوح الخارجي للبوابة من خلال ذراعين دائريين إلى المفصلة O شكل (٥-٢٢).
  - يمكن تقدير وزن البوابة بصفة مبدئية من المعادلة:

$$G = 0.15 \,(WL)^{0.70} \tag{5-27}$$

حيث

G = وزن البوابة بالطن

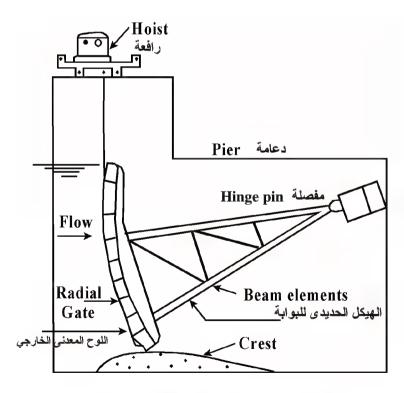
W = قوة ضغط الماء على البوابة بالطن

عرض فتحة البو ابة بالمتر $\mathbf{L}$ 

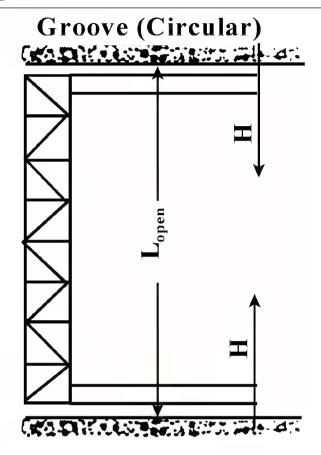
ويوضح الشكل (٥-٢٣) وضع البوابة في الخلوص المعد لها داخل دعامات القنطرة.

### ٥-٥-٤ تصميم البوابات الحديدية المستوية

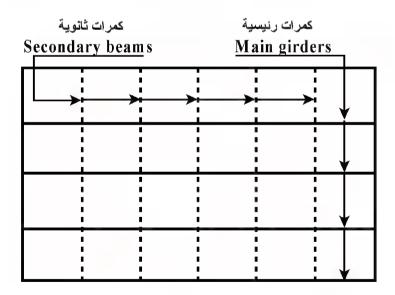
تتكون البوابات الحديدية المستوية من لوح حديدى مثبت على مجموعة من الكمرات الأفقية وكمرتين رأسيتين عند طرفى البوابة وتنزلق البوابة فى مجارى رأسية. وقد تستخدم كمرات ثانوية رأسية لتقليل سمك اللوح الخارجي. ويكون مقطع الكمرات الرئيسية على شكل (I) أو بشكل مجرى ( $\square$ ) يكون مقطع الكمرات الثانوية بهيئة زوايا ( $\square$ ) وفى حالة العروض الكبيرة للفتحات فإنه عادة ما تكون البوابة الحديدية مكونه من هيكل معدنى. وتوضح الأشكال ( $\square$ ) ، ( $\square$ ) ، ( $\square$ ) ، ( $\square$ ) نماذج لبوابات حديدية مستوية.



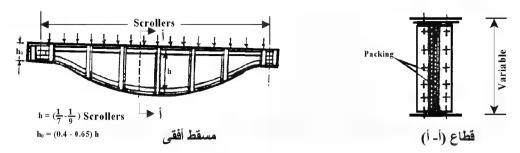
شكل (٥-٢٢) الشكل العام للبوابات الدائرية



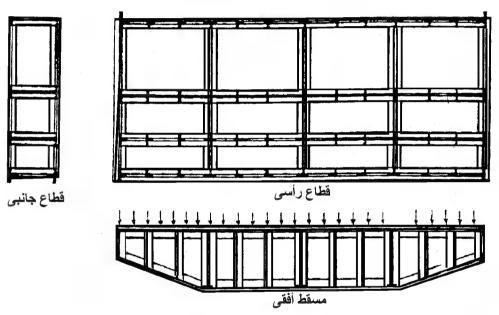
شكل (٥- ٢٣) وضع البوابة الدائرية في الخلوص المعد لها داخل دعامات القنطرة



شكل (٥-٤٢) تدعيم البوابات المستوية بكمرات أفقية رئيسية وكمرات رأسية ثانوية



شكل (٥-٥) تدعيم البوابات المستوية بكمرات أفقية لوحيه ذات عزم قصور ذاتي متغير



شكل (٥-٢٦) تدعيم البوابات المستوية بكمرات أفقية رئيسية ورأسية ثانوية

## ٥-٥-١- الكمرات الأفقية

يتم تقسيم الضغط الهيدر وستاتيكي الكلى بالتساوى على الكمرات الأفقية كما هو مبين بالشكل ( $^{-9}$  ) فإذا كان ( $^{0}$ ) عدد الكمرات الأفقية و ( $^{0}$ ) مقدار الضغط الهيدر وستاتيكي الكلى فإن الحمل لكل متر طولى من الكمرة ( $^{0}$ ) يساوى ( $^{0}$ ) حيث ( $^{0}$ ) عرض الفتحة (البحر) ويكون عزم الانحناء الأقصى للكمرة في منتصفها مساويا :

$$M = (w.S^2/8) = \frac{W}{n.S} \frac{S^2}{8} = WS/8n$$
 (5-28)

ويحسب معامل المقطع Section modulus للكمرات المطلوبة (Z) من المعادلة

$$Z = M / f ag{5-29}$$

حيث f الإجهاد المسموح به للحديد المستخدم في صنع الكمر ات

#### ٥-٥-٤ سمك اللوح الخارجي للبوابات

عند تصميم اللوح الخارجي للبوابات والمحمول على أربعة جوانب فإنه يمكن اعتبار أن اللوح يتحمل حملا منتظما وبفرض أن اللوح مثبت عند محيطه الخارجي تثبيتا حرا و إذا كانت (P) هي شدة الضغط الهيدروستاتيكي لكل وحدة مساحة في اللوح بالطن لكل متر مربع و (t) سمك اللوح بالسنتيمتر و (t) هو الإجهاد المسموح به للحديد المصنوع منه البوابة بالطن لكل سنتيمتر مربع و (C) هو الطول العمودي على قطر اللوح بالمتر كما هو موضح بالشكل (C) و (C) هو معامل تتراوح قيمته بين (C) و (C) و أي قطر اللوح بالمتر كما هو موضح من المعادلة الآتية :

$$t = C\sqrt{\mu P/2 f} \tag{5-30}$$

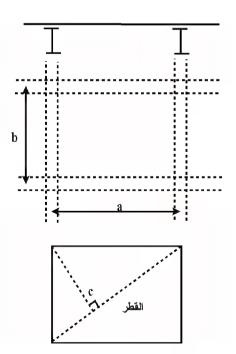
ويزاد السمك المحسوب من المعادلة السابقة بمقدار ٠,٢ سم كمعامل أمان ضد الصدأ وفي جميع الحالات لا يقل سمك اللوح الحديدي عن ١ سم.

#### ٥-٥-٥ القوى المطلوبة لرفع البوابات

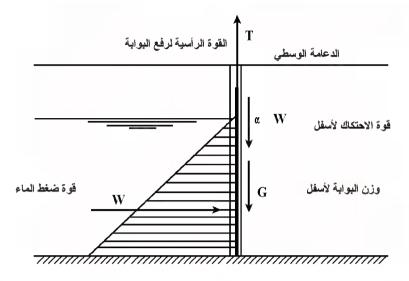
كما هو موضح بالشكل ( $^{\circ}$  كما هو موضح بالشكل ( $^{\circ}$  كما هو موضح بالشكل ( $^{\circ}$  كما هو موضح البوابة بالطن ( $^{\circ}$ ) بالإضافة إلى قوة الاحتكاك المتولدة نتيجة حركة البوابة عند جانبيها و التى تساوى حاصل ضرب معامل الاحتكاك  $^{\circ}$  و قوة الضغط المائى الكلية على البوابة  $^{\circ}$ :

$$T = G + \alpha W \tag{5-31}$$

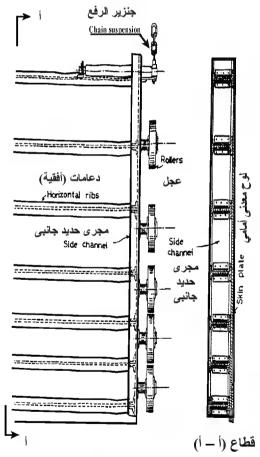
وتتر اوح قيمة المعامل  $\alpha$  بين (۰,۲۰ - 0,70) ويمكن تقليل قيمة القوة المطلوبة لرفع البوابة (T) بتزويد البوابة بعجل كما هو موضح بالأشكال (۰-۲۰) ، (۲۹-۵) وبالتالى يقل معامل الاحتكاك إلى ما بين ( 0,0 - 0,0).



شكل (٥-٢٧) الأبعاد اللازمة لإيجاد سمك اللوح الخارجي للبوابات



شكل (٥- ٢٨) توزيع القوى الأفقية والرأسية على البوابات المستوية



شكل (٥- ٢٩) مسقط رأسى يوضح العجل (البكرات) وجنزير الرفع والكمرات العرضية الأفقية لبوابة حديدية مستوية

#### ٥-٥-٦ الأوناش المتحركة ومنشأ رفع البوابات

عادة ما تستخدم الأوناش المتحركة في رقع البوابات التي تستخدم في إجراء الموازنات على القناطر المزودة ببوابتين لكل فتحة من فتحاتها وتوضع هذه الأوناش على الجانب الأمامي للقنطرة وتتحرك على قضبان مثل قضبان السكك الحديدية مثبتة على كامل عرض القنطرة ويسمى المنشأ الذي يحمل القضبان والونش المتحرك منشأ رفع البوابات Gate lifting structure ويوجد نوعان لهذا المنشأ هما:

#### النوع الدبشي Masonry type

وفى هذا النوع تثبت القصبان على حائط عقدى Arched wall مبنى على الفتحات. يتم استخدام نوع من الحجارة له بروز طوله يتراوح بين ٢ - ٥ سم لتحسين واجهة المنشأ من اتجاه الأمام والشكل (٥ - ٣٠) يوضح هذا النوع والذي يستخدم عادة في حالة ما إذا كان الكوبري فوق القنطرة من النوع المعقود Fly arch و هذا النوع هو الأكثر انتشارا في معظم قنوات الري في مصر.

#### النوع الخرساني Concrete type

عندماً يكون الكوبرى فوق القناطر مصنوعا من الخرسانة المسلحة فإنه من غير المناسب بناء حوائط من الدبش المعقود لتثبيت قضبان الونش عليها وبالتالى فإنه من المستحسن أن يكون هذا المنشأ من الخرسانة المسلحة حيث يتم تثبيت القضبان على كمرات خرسانية تمتد بعرض الفتحات وتحمل هذه الكمرات على المسلحة منشأة على دعامات القنطرة حيث يتم إنشاء عمودين على كل دعامة كما هو موضح بالشكل (٥-٣١). ويجب ربط الكمرات مع بعضها عند النهايات حيث أنها مثبتة على الأعمدة تثبيتا حرا.

#### وتؤخذ الاعتبارات التالية في تصميم منشأ رفع البوابة:

- الفارق بين منسوب أعلى القضبان الحديدية ومنسوب أعلى الدعامة ( $h_r$ ) (حسب الأشكال ( $^{\circ}$ 17) " ( $^{\circ}$ 17) يجب أن يساوى إرتفاع البوابة مضافا إليه  $^{\circ}$ 0,0 متر وذلك حتى يمكن السماح برفع إحدى البوابتين للإصلاح.
- تؤخذ المسافة العرضية بين العمودين المقامين على كل دعامة ( $\delta$ ) حسب الشكل ( $^{\circ}$ - $^{\circ}$ ) بالإستعانة بالجدول التالى :

المسافة (δ) بالمتر	عرض الفتحة (البحر) S بالمتر
1	٣
1	٤
1,70	٥
1,0.	٦
١,٨٠	٨

يؤخذ العرض الكلى لمجارى البوابتين  $W_g$  (Width of double groove) كما هو موضح بالشكل (  $^\circ$  -  $^\circ$  بالاستعانة بالجدول التالى :

عرض مجارى البوابات (W <sub>g</sub> ) بالمتر	عرض الفتحة (البحر) S بالمتر
٠,٦٠	٣
.,٧٥	٤
٠,٩٠	٥
١,٠٠	٦
١,٢٠	٨

- يؤخذ عمق مجارى البوابات داخل الدعامات والأكتاف (d) كثلث قيمة العرض الكلى لمجارى البوابتين  $(W_g)$  ويجب أن يكون الجزء من الدعامة المحصور بين مجارى البوابات مسلحا تسليحا أفقيا ورأسيا بحديد تسليح قطر ١٣ مم و على مسافات بينية ١٥ سم.
- يوضح الجدول التالى قيمة الحمل الميت للونش المتحرك P بدلالة قيمة عرض الفتحة (S). وبصفة عامة فإن قيمة (P) يجب ألا تقل عن وزن أثقل بوابة تستخدم في غلق فتحة القنطرة وفي حالة بدء حركة الونش فإنه يجب إضافة (P) من قيمة (P) كوزن زائد يعادل الصدمات.

عرض الفتحة (البحر) S بالمتر
٣
٤
٥
٦
٨

- تعتبر حالات التحميل المبينة في الشكل (٥-٣٢) في تصميم أعمدة وكمرات منشأ رفع البوابات من الخرسانة المسلحة.

# ٥-٥-٧ أنواع أخرى من البوابات

بالإضافة إلى ما تقدم توجد أنواع أخرى من البوابات التي بدأ استخدامها في المشروع القومي لتطوير الري ولعل أبرز هذه الأنواع البوابات التي تحافظ على منسوب الخلف ثابتا وتلك ذات التصرف الثابت.

## ٥-٥-٧ بوابات المنسوب الثابت في الخلف Constant downstream level

وهذا النوع من البوابات يعمل أو توماتيكيا بحيث يظل منسوب الماء بالخلف في القناة أو في الحوض ثابتا طبقا لما هو مطلوب لإستيفاء أغراض الرى وذلك في ظل تذبذب مناسيب الأمام وبصرف النظر عن التصرف المار أسفل البوابة. وهذا التحكم الملحوظ في منسوب الخلف يأتي عن طريق تحرك البوابة في الاتجاه الرأسي (سواء إلى أعلى أو إلى أسفل) عن طريق الدوران على محور. والشكل (٥-٣٣) يوضح هذا النوع من البوابات والتي تتكون بصفة أساسية من بوابة وعوامة. البوابة من الطراز الورقي أسطوانية

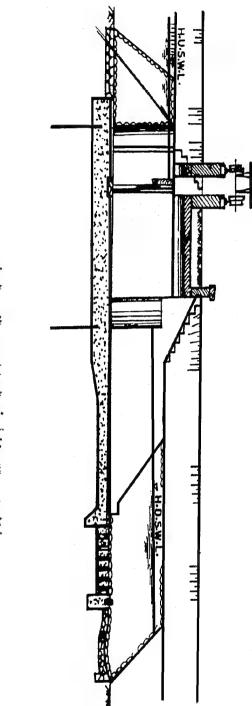
الشكل ولها هيكل معدنى وقاعدة تحميل والعوامة ذات مقطع أسطوانى وتشكل مع البوابة جسما واحدا جاسئا.

وتدور كل من البوابة والعوامة حول محور (مفصلة) تثبت على منسوب الخلف المطلوب وعند الضبط الابتدائي للبوابة يجب أن يقع مركز ثقل الجزء المتحرك منها في الجزء المطلوب وذلك عن طريق وزن متحرك Counter weight مثبت على الهيكل أو بواسطة ملء خزانين للمياه حسب الثقل المطلوب أحدهما يوضع على الهيكل والثاني على العوامة ولا يوجد تأثير لقوة الضغط الأستاتيكي للمياه على البوابة إذ أن هذه القوة تتجة مباشرة لمحور (مفصلة) البوابة وتكون العزوم الناتجة عن وزن البوابة وقوى الطفو هي التي تؤثر فقط على اتزان البوابة. فإذا ارتفع منسوب المياه بالخلف زادت قوة الطفو على العوامة مما يؤدي لحركتها لأعلى وبالتالي حركة البوابة لأسفل مما يقلل من التصرف الوارد من الأمام الخلف ليستعيد المنسوب الخلفي قيمته التصميمية المطلوبة.

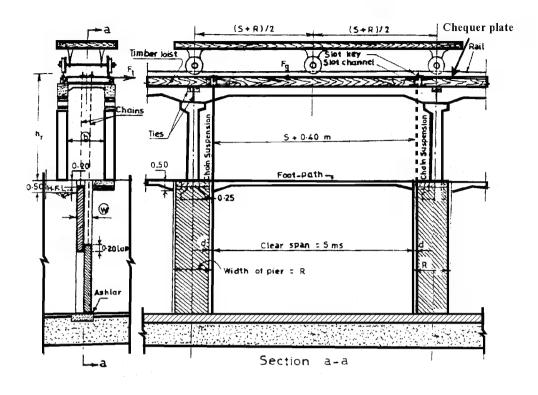
#### ٥-٥-٧-٢ بوابات التصرف الثابت

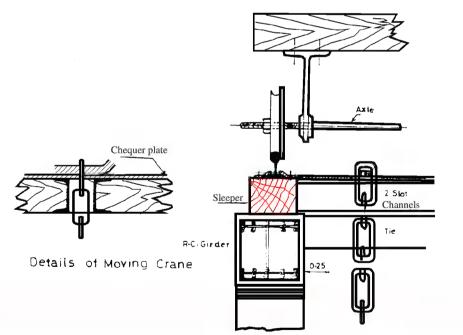
وفى هذا النوع من البوابات يتم إنشاء عتب ذى منسوب قمة ثابت أسفل البوابة التى تزود بلوح مائل Baffle plate كما هو موضح بالشكل (-2).

وعند بدء التشغيل يكون منسوب الأمام منخفضا وبالتالى فإن التصرف الذى يمر من أعلى العتب يكون حرا في هذه الحالة كما هو مبين في الشكل  $(0-3\pi)$ أ. وعندما يبدأ منسوب الأمام في الإرتفاع حتى يصل إلى منسوب أوطى نقطة في اللوح المائل للبوابة فحينئذ ستعمل البوابة والعتب على إمر ار التصرف في حالة تشابه التصرف المار من خلال فتحة ولكن في هذا الوضع يكون معامل التصرف صغيرا وسيكون هناك أيضا تخفيض في حجم مقذوف الماء المندفع من خلال البوابة والشكل  $(0-3\pi)$  ب يوضح هذه المرحلة. وسوف تزداد قيمة التخفيض في حجم الماء المندفع من الخلف عندما يستمر منسوب الأمام في الإرتفاع مما يعمل على التحكم في قيمة التصرف المار شكل  $(0-3\pi)$  ج.

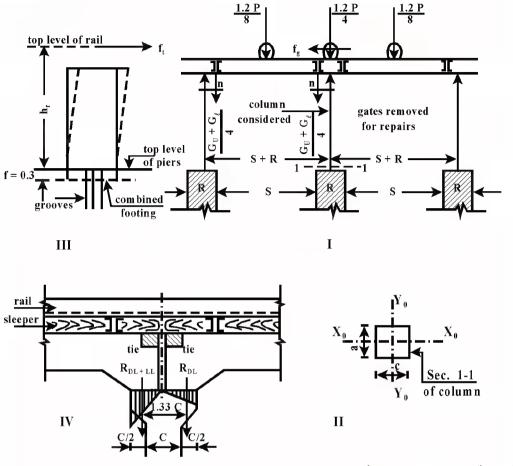


شكل (٥- ٠ ٣) منشأ رفع البوابات من النوع الدبشى

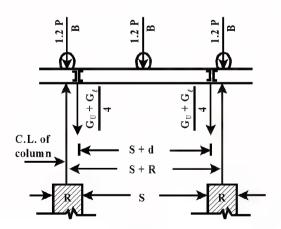




شكل (٥-١٣) تفصيلات منشأ رفع البوابات من الخرسانة المسلحة

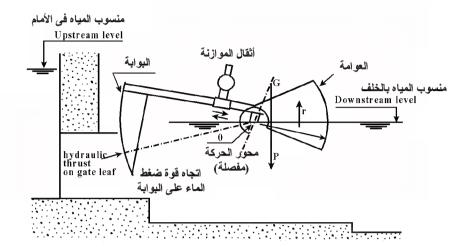


أ- حالة التحميل لتصميم الأعمدة

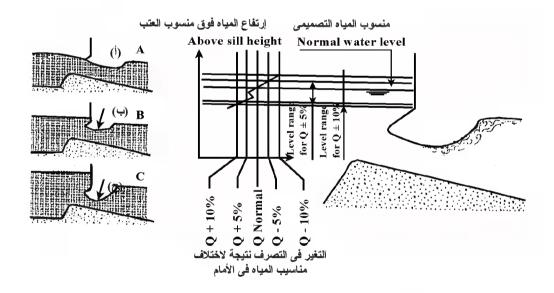


ب- حالة التحميل لتصميم الكمرات

شكل (٥-٣٢) حالات التحميل لتصميم أعمدة وكمرات منشأ رفع البوابات من الخرسانة المسلحة



شكل (٥-٣٣) مبدأ تشغيل بوابات المنسوب الثابت في الخلف



شكل (٥-٣٤) مبدأ تشغيل بوابات التصرف الثابت

- 1. El-Kateb, M.M., "Irrigation Design II: Weirs and Regulators". Class Notes, Cairo University, Faculty of Engineering, Giza, Egypt, (1984).
- 2. Leliavsky, S., "Irrigation Engineering: Canals and Barrages". Chapman and Hall, London, England, (1963).
- 3. Leliavsky, S, "Design of Dams for Percolation and Erosion", Chapman and Hall, london, England, . (1965).
- 4. Novak, P., Moffat A., Nalluri C. and R. Marayanan "Hydraulic Structures". Second edition, E&FN Spon, London, UK, (1996).
- 5. Zipparro, V.J. and Hasen, H. (Editors), "Davis Handbook of Applied Hydraulics", McGraw Hill Boock company, New york, (1992).

# الباب السادس السدود Dams

#### ٦-١ تصنيف السدود

يمكن تصنيف السدود إلى عدة أقسام وذلك حسب الغرض من الإستخدام أو التصميم الهيدروليكي أو مواد الإنشاء.

# ١-١-٦ التصنيف تبعا للإستخدام

وفيه يتم تصنيف السدود تبعا للغرض الذي تؤديه كسدود التخزين Storage وسدود التحويل Diversion وسدود التحويل Diversion

# ٦-١-١-١ سدود التخزين

وهى تنشأ لتخزين المياه فى الفترات التى تزيد فيها عن الحاجة لإستخدامها فى أوقات العجز وهذه الفترة قد تكون يومية أو موسمية أو سنوية أو لفترات أطول من ذلك. وتصنف سدود التخزين مرة أخرى تبعا للغرض من التخزين كأن تستخدم للإمداد بمياه الشرب والإستهلاك الأدمى أو للرى والزراعة أو لتوليد الطاقة أو للوقاية من الفيضانات أو للملاحة أو للتنزه والترفيه أو للحياة البرية وإنتاج الأسماك وقد يقوم السد بخدمة أكثر من غرض من هذه الأغراض وفى هذه الحالة يسمى سدا ثنائيا أو متعدد الأغراض.

# ٦-١-١-٢ سدود التحويل

وهى سدود تنشأ لرفع منسوب المياه أمامها (كما فى حالة القناطر) لتغذية وسائل نقل المياه الآخذة من الأمام مثل القنوات أو الأنابيب كما أنها قد تستخدم فى تحويل المياه من مجرى النهر الرئيسى إلى موقع تخزين خارج المجرى لمختلف الإستخدامات.

# ٦-١-١-٣ سدود التعويق

وهي تنشأ لتأخير سريان الفيضان ويمكن تقسيمها لثلاثة أنواع:

- سدود تخزین مؤقت حیث یتم تخزین المیاه فیها ثم إعادتها للمجری الرئیسی بمعدلات مناسبة.
- سدود تغذية وهى التى تحافظ على المياه لفترات طويلة حتى تتسرب إلى طبقات منفذة تحتية أو جانبية وقد تسمى بسدود نشر المياه Water spreading .
- سدود تجميع الرواسب والنفايات وهذه السدود تنشأ لتجميع الرواسب التى تنقلها مياه المجرى من مناطق التجميع وسفوح الجبال وروافد النهر.

# ٢-١-٢ التصنيف تبعا للتصميم الهيدروليكي

تصنف السدود إلى سدود إنسكابية Overflow dams أو سدود غير إنسكابية Non overflow dams أو سدود مركبة.

## ٦-١-٢-١ السدود الإنسكابية

وهي السدود التي تصمم على أساس أن يمر التصرف من فوقها ويجب أن تنشأ من مواد مقاومة للنحر والتآكل الذي قد يصاحب إندفاع المياه بسرعات عالية وعمق صغير فوق السد.

# ٦-١-٢ السدود غير الإنسكابية

وهي التي تصمم بحيث لا يمر التصرف فوقها وقد تبني بالمواد الردمية من التربة والصخور.

# ٦-١-٢ السدود المركبة

ويكون جزء من السد إنسكابياً من الخرسانة والجزء الآخر غير إنسكابي من المواد الردمية.

#### ٦-١-٣ التصنيف تبعا لمواد الإنشاء

تصنف السدود أيضا تبعا للمواد التي يتكون منها السد إلى سدود ردمية ترابية ، سدود ردمية ركامية ، سدود ردمية ركامية ، سدود ردمية ركامية ، سدود ردمية ركامية ، سدود خرسانية عقدية ، سدود خرسانية المدود خرسانية أو بنائية ذات دعامات ، سدود خشبية وأيضا سدود من مواد أخرى.

## ٢-٦ السدود الترابية

#### ٦-٢-٦ مقدمة

تتكون السدود الترابية من تربة مناسبة تؤخذ من متارب محلية أو من ناتج حفر مناطق أخرى يتم نقلها ودمكها على طبقات بوسائل ميكانيكية فبعد تجهيز الأساس تنقل الأتربة المختارة وتنشر على طبقات بسمك مناسب ويتم دمكها بهراسات من نوع أرجل الغنم أو بهراسات تقيلة ذات عجلات مطاطية أو برحافات إهتزازية أو بمعدات ضاغطة ولعل إحدى مميزات السدود الترابية إمكان إستخدامها في الأساسات الرخوة ويوضح الشكل (١-١) بعض القطاعات للسدود الترابية يظهر بها المناطق المختلفة للردم وطرق التحكم في الرشح.

#### ٦-٢-٦ مبادئ وإحتياجات التصميم

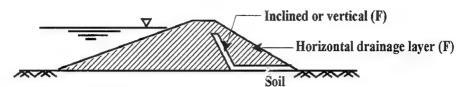
### ٦-٢-٢ مبادئ التصميم

يشمل تصميم السدود الترابية والركامية كثيرا من الأمور التى يلزم أن تؤخذ فى الإعتبار قبل البدء فى إجراء دراسة إتزان تلك السدود. فإنه بعد عمل البحوث الجيولوجية وما تحت سطح التربة فإن المواد الأرضية ومواد الركام الممكن إستخدامها يجب أن تدرس بعناية. وتتضمن تلك الدراسات تحديد كميات المواد اللازمة للمنشأ وظروف إمكانية تواجدها مع تقدير الخواص الفيزيائية المطلوبة لها.

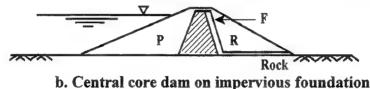
إن معالجة الأساسات وإستقرار أجنحة السد وعوامل الرشح وإتزان الميول المتاخمة للخزان وقدرته على إستيعاب المياه المختزنة كل ذلك يدخل في عناصر التصميم ويلزم دراسة هذه العناصر ميدانيا وببدائل مختلفة قبل الدخول في التصميم التفصيلي للإتزان أو تحليلات الرشح.

### ويجب أخذ النقاط التالية بعين الإعتبار:

- أثر المناخ السائد طول فترة الإنشاء مما قد يؤثر على نوعية وصلاحية المواد المستخدمة في الردم.
  - علاقة سعة الوادى بطراز السد وكيفية تحويل مجرى النهر.
  - معالم وطبوغ رافية الوادى وأثرها على التنبذب في مناسيب المياه والحماية المطلوبة للميول.
    - مدى النشاط الزلزالي في المنطقة.
      - . أثر المنشأ على البيئة.



a. Homogeneous dam with internal drainage on impervious foundation اـ سد متجاتس مع طبقة صرف داخلي فوق اساسات منفذة



Legend

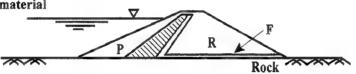
M = Impervious

P = Pervious

R = Random

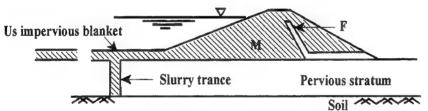
F = Select pervious material

US = Upstream

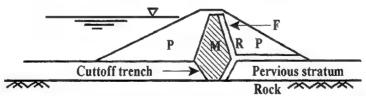


c. Inclined core dam on impervious foundation ج- سد ذو نواة مثلة فوق أساسات غير منفذة

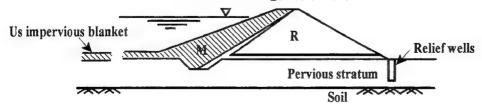
ب- سد ذو نواة مركزية فوق أساسات غير منفذة



d. Homogeneous dam with internal drainage on pervious foundation د- سد متجانس مع طبقة صرف داخلي فوق أساسات منفذة



e. Central core dam on pervious foundation هـ سد ذو نواة مركزية فوق أساسات منفذة



f. Dam with upstream impervious zone on pervious foundation و- سد ذو منطقة أمامية غير منفذة فوق أساسات منفذة

شكل (٦-١) أنواع مختلفة من السدود الترابية

#### ٦-٢-٢ إحتياجات التصميم

يلزم مراعاة الإحتياجات التالية في تصميم السدود الترابية والركامية:

- يجب أن يكون جسم السد والأساس والأكتاف ثابتة ومتزنة أثناء عمليات الإنشاء والتشغيل.
- يجب التحكم فى الرشح خلال جسم السد و الأساس و الأكتاف و التأكد من منع ظاهرة فوران ونخربة التربة Piping التى تحدث عندما تزيد قيمة الإنحدار الهيدروليكى عن حد معين وظاهرة إنز لاق طبقات مرتكزة على طبقات أخرى مشبعة Sloughing أو عمليات هروب المواد الناعمة أو ذوبانها وفقدانها فى الشقوق و الفواصل.
- يجب أن يكون الإرتفاع الحر (المسافة بين سطح المياه في الخزان وقمة السد) كافيا لمنع إنسكاب المياه من أعلى السدود الترابية بسبب الأمواج ولإعطاء مسافة سماح لهبوط كل من الأساس وجسم السد.
  - يجب أن تكون سعة المغيض والمأخذ كافية لمنع إنسكاب المياه فوق السد.
- يجب إعطاء العناية الكافية لمنع النمو المحتمل للضغوط المسامية في الأساس وعلى وجه الخصوص في طبقات المواد القابلة للإنضغاط والتي تشمل أنواع الطين الرسوبي الطبقي.

## ٢-٢-٢ عوامل إختيار السدود الترابية والركامية

إن طبيعة الموقع هي التي تؤدى إلى إختيار سد ترابي أو سد ركامي من بين الأنواع المختلفة للسدود وتعتبر الظواهر التالية محفزة لإختيار السدود الردمية:

- إتساع وادى المجرى.
- عدم وجود أكتاف صخرية صلبة.
- وجود أعماق كبيرة من التربة تغطى صخور القاع.
- وجود نوعية ضعيفة من صخور القاع لا تلائم أحمال السدود التثاقلية.
  - وجود وفرة من الطمى المناسب أو ركام الصخر.
    - وجود موقع جيد لمفيض بسعة كافية.

# ٦-٢-٢ أسباب إنهيار السدود الترابية والركامية

تشير الإحصاءات المرتبطة بإنهيار السدود الردمية إلى أن ظاهرة الإنسكاب (Over topping) تمثل السبب الأعم لإنهيار السدود الردمية إذ تمثل ٣٥ % تقريبا من مجمل الإنهيارات تليها الإنهيارات بسبب نخربة المتربة (Piping) إذ تمثل ٣٠ % من مجمل الإنهيارات وقد يرتبط ذلك بوجود مناطق سيئة الإنشاء كمناطق التلامس بين الردم والأكتاف أو بسبب تشققات ناشئة من إجهادات الشد التى فرضتها أعمال الردم أثناء العمل. وتشير الإحصاءات أيضا إلى أن إنهيار السدود الردمية قد يحدث نتيجة التسرب أثناء أو عقب الإنشاء أو نتيجة لسحب المياه السريع من الخزان أو أثناء ملء الخزان عند بدء التشغيل.

# ٣-٢-٦ إعتبارات عامة في التصميم

## 7-7-1 الإرتفاع الحر (الهامش العلوى) Freeboard

- يقصد بالإرتفاع الحر (الهامش العلوى) البعد الرأسى بين قمة السد وأقصى منسوب لمياه الخزان في الأمام وهو المنسوب المقرر في تصميم المفيض.
- يراعى أن يكون الهامش كافيا ليمنع الإنسكاب من فوق السد Overtopping وذلك فى حالة هبوب العواصف أو نتيجة لحركة الأمواج أو آثار الزلازل. كما يجب أن يسمح الهامش بالوفاء بهذه الأغراض لدى هبوط السد بعد إنشائه وإندماج الردم أو الأساس.
  - في مناطق الزلازل يحدد منسوب قمة السد بإحدى طريقتين:

- أ- أقصى منسوب لسطح مياه الخزان بالإضافة إلى هامش تحدده خبرة الأخصائيين.
- ب- أقصى منسوب لسطح مياه الخزان بالإضافة إلى ٣ % من إرتفاع السد محسوبا فوق قاع المجرى.

# ٢-٢-٣ عرض قمة السد

يراعي أن لا يقل عرض قمة السد عن ١٠ متر وبحيث يكون مناسبا لحركة المرور فوقه.

# Alignment التخطيط ٣-٣-٢-٦

- يراعى تجنب الإنحناءات الحادة خاصة في جهة الأمام في محور أو محاور السد إذا كانت تلك المحاور طويلة بالنسبة لإرتفاعات السد ويرى أن تتمشى مع طبيعة الأساس وطبوغر افيتة بقصد أن يكون التخطيط إقتصاديا.
- أما محاور السدود المرتفعة في الوديان الضيقة ذات الجوانب القائمة. فيلزم أن تكون مقوسة بالأمام حتى تحد من فعل المياه ليتم ضغط المناطق غير المنفذة طوليا مما يزيد الحماية ضد نشوء تشققات مستعرضة. وعادة ما يتراوح نصف قطر القوس الأمامي للسد في مثل تلك الوديان بين ٣٠٠٠ ١٠٠٠ م.

# Abutments الأكتاف ٤-٣-٢-٦

- من المفضل تأجيل إنشاء العشرة أمتار العليا من جسم السد وعلى الأخص المتاخمة منها للأكتاف القائمة حتى يصل هبوط السد وأساسه إلى نهايته.
- بسبب إحتمال حدوث هبوط نسبى كبير قرب الأكتاف مما قد يؤدى إلى حدوث شقوق مستعرضة في جسم السد فمن الأفضل مراعاة إستعمال حطات من الردم ذات محتوى مائى كبير.

# ۲-۲-۳ مراحل التنفيذ Stages of Construction

- يقتصر إستعمال هذا المصطلح على إنشاء السد في زمن معين مع فترات توقف قد تقتضيها مراحل العمل حيث تعطل فيها حطات الردم أو تقل.
- فى حالة ضعف الأساس القابل للإنضعاط أو فى حالة الردم غير المنفذ فوق جانب رطب ذى محتوى مائى معقول ، فقد يكون من الأنسب تخفيض معدل رمى الحطات أو وقفها لفترات وذلك للسماح لضغوط المياه المسامية فى الأساس أو فى الردم أن تتبدد.

### Closure Section منطقة الغلاقة 7-7-7

- نظرا لأن مناطق الغلاقة في السدود الترابية هي في العادة قصيرة طولا ومتدرجة فهناك موضوعان متلازمان عند إنشائها يجب مراعاتهما: الأول النمو الزائد في الضغوط المسامية المائية في الأساس أو جسم السد والثاني إحتمال نمو التشققات العرضية عند موضع إتصال منطقة الغلاقة مع ما قد تم إنشاؤه من السد وذلك بسبب الهبوط النسبي.
- يمكن تقليل الضُّغوط المسامية المائية في السد بتزويد طبقات صرف مائلة متاخمة للنواة الصماء أو إستعمال ميول مفلطحة.
- يمكن تقليل التشققات بسبب الهبوط النسبى بأن تكون الميول الطرفية لقطاعات السد بحيث لا تقل عن ١: ٤ كما يقتضى أن تشيد بمواد جيدة الدمك لم تتأثر بفعل البلل أو الجفاف أو الصقيع ومن الأفضل أن تكون مادة النواة ذات محتوى مائى أكبر من أى موضع للتأكد من أن تكون لدنة وإمكان ضبطها بلا تشققات.
- يلزم وضع بيزومترات طرفها في الأساس وفي جسم السديتم من خلالها مراقبة الضغوط المائية المسامية. أما القنوات فلا يجب أن تقام في قطاعات الغلاقة أو بالقرب منها.

# ٢-٢-٣ الوقاية من تأثير الزلازل

في مناطق الزلازل يجب مراعاة النقاط التالية وخاصة في مواقع السدود العالية:

١- التأكد من أن رمال الأساس ذات كثافة عالية (كثافة نسبية تعادل ٧٠ % على الأقل).

٢- أن تكون المنطقة غير المنفذة أكثر لدونة.

٣- توسيع المنطقة غير المنفذة.

٤ - تعريض قمة السد.

٥- تسطيح ميول السد.

٦- زيادة المسافة الهامشية (الإرتفاع الحر).

٧- زيادة إتساع المرشح (Filter) والمناطق الإنتقالية المتاخمة للنواة.

٨- دمك قطاعات الجو أنب لتعطى أقصى كثافة.

٩- فلطحة ميول السد عند إتصالها بالأكتاف.

وتحتاج مواقع السدود فوق الفوالق بمناطق الزلازل إلى در اسات خاصة جيولوجية وسيز مولوجية كما أن المفيضات وفتحات التصريف لا يجب أن تقام في جسم السد.

# Embankment Cracking السد الترابي ^-۲-۲

إن التشققات في السدود الترابية أو الركامية أمور غير مرغوب فيها وإحتمالات التشقق في الجسور الجيدة الدمك قائمة لإن الدمك وحده غير كاف ليلغي هذه الإحتمالات.

وهناك عدة أنواع من تلك التشققات مثل:

# أ- الشقوق الرأسية المستعرضة Transverse Cracking

هذه الشقوق في النواة والمناطق غير المنفذة وفي سطوحها تعتبر علامة لها خطورتها فهي نتيجة لنمو مناطق الشد التي تسببت عن دمج نسبي للأساس أو هبوط نسبي للسد.

وفى حالة حدوث هبوط نسبى فى مسافة صغيرة أفقية أى عندما يكون نصف قطر الإنحناء صغيرا فإن المميل إلى نمو مناطق الشد يصير أكبر ما يمكن. وإذا جنح الهبوط النسبى إلى نمو إجهادات الشد فى الجزء السفلى من جسم السد ، فإن التأثير قد يصبح غير هام نسبيا لأن قوى الضغط الرأسية فى هذه المنطقة تكون كبيرة. وبالعكس إذا إتجهت مناطق الشد للنمو فى الجزء العلوى من السد فنظرا لأن قوى الضغط الرأسية فوقها قليلة فإن إحتمال نمو مناطق الشد بها تحتاج إلى دراسة وعلاج.

# ب- الشقوق الطولية Longitudinal Cracking

رغم أن التشققات الطولية قد تحدث من الهبوط النسبي عند الإندماج فمن الأسباب الأكثر إحتمالا:

١- هبوط القشرة (الغطاء) بالأمام التي سبق إقامتها نتيجة للتشبع وبالذات عند بدء ملء الخزان.

٢- هبوط القشرة الأمامية نتيجة للسحب.

٣- هبوط النواة.

# ج- الشقوق الأفقية Horizontal Cracking

قد يكون سبب هذه التشققات في النواة هو هبوطها مصاحبة بميل نحو القشرة ذات الإندماج القايل وحيث تكون تربة الأساس قابلة للهبوط عند تشبعها مما يجعل التحدب والتقوس ينموان مما قد يؤدي إلى تكوين فجوات بين السد والأساس أو عند النواة.

ويمكن تقليل التشققات عن طريق دمك الطبقات المنفذة لتقليل الهبوط الناتج عن التشبع ودمك مواد النواة مع وجود محتوى مائى عال يكفى لأن يصبح سلوك الجهد الإنفعالى لدنا نسبيا أى يكون معامل التشوه منخفضا وقوى الشد لا تستطيع أن تبقى الشقوق مفتوحة.

# ٦-٦-٤ البحوث الحقلية والإختيارات المعملية

#### ٢-٢-٤ عموميات

- يجب أن تكون المباحث الجيولوجية وما تحت سطح الأرض في موقع المنشأ وفي مواقع المتارب المختارة كافية لكي تحدد مدى ملاءمة مواد الأساس والأكتاف ، المعالجة المطلوبة للأساسات ، ميول الحفر ، خصائص المواد المتاحة وكمياتها التي يمكن الإنتفاع بها في أغراض الإنشاء. وهذه البيانات غالبا تحكم إختيار الموقع ونوع السد وإمكانية تنفيذه.
- . إن معرفة جيولوجية المنطقة والموقع أمور ضرورية لتخطيط إستقصاء ما تحت سطح الأرض ومعرفة مصادر المشكلات المحتملة.
- قبل بدء الدر اسات التفصيلية لقطاعات السد يلزم إجراء بحوث شاملة لمناطق المتارب والحفر حتى يتيسر تحديد كميات الردم (أتربة وصخور) اللازمة لإقامة السد.
- تشمل الخواص الطبيعية للصخور ميول مراقدها والفجوات في طبقاتها والتشققات والفواصل وعروق الطمي ومناطق الصدوع والفوالق فضلا عن إستكشاف طبقات "الطفل الصفائحي" Shale لأنه قابل للإنضغاط وغالبا ما يفقد قوته تحت وطأة الحمل أو التفتت نتيجة العوامل الجوية الأمر الذي يلزم معه أخذ الحيطة من وجود مثل هذه الطبقات.
- تعتبر البحوث الحقلية الشاملة وإختبارات المعمل لازمة عندما تتكون تربة الأساسات من أى من الطبقات التالبة:
- الأساسات الرملية التي قد تسيل من جراء هزات الزلازل ، تربة عضوية « تربة قابلة للتمدد، تربة قابلة للتهدم ذات حبيبات رفيعة ضعيفة التماسك ولها كثافة منخفضة قابلة للإنضغاط عند تحميلها ، طفل صفائحي « تربة أو صخور جبسية « فجوات تحت أرضية مناجم مهجورة ، رقائق طينية أو مناطق قص أو رقائق من الميلونيت داخل تكوينات الصخر.

## ٦-٢-٤ الأساسات

- منطقة الأساسات هي أرضية الوادى والمصاطب (المساطيح) Terraces التي يرتكز عليها السد والإنشاءات الملحقة به. والبحوث فيما تحت سطح الأرض في هذه المنطقة يلزم أن تشتمل ما يلي:
- أ- بروفيلات ما تحت سطح الأرض ويلزم أن توضح مواد التربة والتكوينات الجيولوجية التي تتضمن وجود الطبقات أو المناطق الضعيفة كما يجب أن تبين مواقع فواقد النواة أو الاسقاطات العضوية.
  - ب نوعيات وخواص التربة وأنواع الصخور الضعيفة.
  - ج-مواقع مستوى المياه السطحية وشواهد الضغوط الإرتوازية في الصخور والتربة.
- إستكشاف مداخل الأكتاف (السنادات) وحفر خنادق الإختبارات وأقماع الثقوب الكبيرة والتثقيب ذى الأقطار الكبيرة في النواة لازم لكي تكون بحوث صفات الأساسات والأكتاف مأمونة ومن المفيد إستخدام التصوير في الأخرام والتصوير التليفزيوني.
- إختبارات الضنخ في الأساسات المنفذة ضرورية لتحديد نفاذية الأساسات عندما تكون قواطع الرشح غير معدة أو عندما يكون الأمر محتاجا إلى سحب المياه من الأساس العميق.

## ٣-٢-٦ الأكتاف أو السنادات

تشمل أكتاف السد (أو سناداته) الجزء من جوانب الوادى حيث يتصل به طرفا السد وكذلك الأجزاء فيما وراء السد التى قد تكون سببا فى مشاكل الرشح أو إتزان السد والأكتاف تحتاج بالضرورة إلى نفس البحوث والدر اسات التى تجرى على مناطق الأساسات.

كذلك يجب دراسة المناطق حول الأكتاف وجدران الوادى الواقعة أمام وخلف السد مباشرة لإحتمال وجود مناطق تسرب للمياه تحت الأرض أو لإحتمال وجود ميول قائمة قد يسبب إنهيار ها خطرا على مداخل الأنفاق أو مخارج المجارى المائية.

# ٢-٢-٤ مواقع المفيض ومخارج المجارى المائية

هذه المناطق تحتاج إلى دراسة شاملة لتخطيط إتجاهاتها وتحديد نوعية الصخور أو طبقات الأساس الثابتة ولذا فإن البحوث يجب أن تعطى بيانات كافية عن الأحمال وعن الصخور تسمح بدراسة إتزان ميول الحفر وتحديد أفضل إستخدامات مواد الحفر للسد.

#### ٦-٢-٤- بحوث الخزان

- الكى تتحدد إمكانية إستيعاب الخزان للمياه مع بقاء الميول الجانبية فى حالة إتزان فإنه من
   الضرورى در اسة جوانب وقاع الخزان عند إمتلائه و عندما يتعرض لهزات زلز الية.
- ب- لابد من التحليل التفصيلي لإحتمال حدوث إنز لاق في المنطقة حيث أن الموجات العالية والإنسكاب يمكن أن تنجم عن إنز لاقات في جوانب الخزان.
  - ج- يلزم در اسة مستوى المياه الأرضية بجوانب الخزان والمناطق المحيطة به.
- د- يجب در اسة مناطق الأحجار الجيرية والفجوات الموجودة بها في المنطقة المحيطة بجدران الخزان مع تحديد ما إذا كانت مياه الخزان يمكن أن تفقد من خلالها بالتسرب.

## ٦-٢-٤ المتارب ومناطق الحفر

تعود ضرورة دراسة المتارب ومناطق حفر الأتربة المطلوبة إلى ما يلي:

- أ- التحقق من كفاية المواد اللازمة لردم السد وعمق الحفر ومداه وكذا التأكد من أن مواد المتارب كافية للإرتفاع بالسد إلى قمته.
- ب- أخذ عينات لتحديد النفاذية وخصائص الإنضغاط وقوة القص للعينة المنضغطة وخواص تغير
   حجمها ومحتواها المائي ولمعرفة الوزن النوعي الطبيعي.

# ٢-٢-٤ إختيارات أترية الردم

تشمل عوامل تصميم السدود الترابية والركامية إستخدام نتائج إختبارات أتربة الردم في الإجابة عن الأسئلة التالية:

- ١- أكثر أجهزة الدمك تأثيرا في سمك الحطة وعدد الحطات Lift والمحتوى المائي للرفعة.
  - ٢- أكبر حجم للحبيبات المسموح بها.
  - ٣- مدى النحر Degradation أو العزل Segregation أثناء عمليات المناولة والدمك.
- ٤- الخواص الفيزيائية مثل كثافة الإنضغاط والنفاذية والتوزيع الحجمى للحبيبات وقوى القص لمواد السد المقترحة.

ويجب أن تحفظ العينات Representative samples من الأساس والأكتاف وحفر المفيض والمتارب المأخوذة ويتم تخزينها في حالة مناسبة (على الأقل حتى نهاية التنفيذ وحتى تسوى جميع المطالبات). وجميع العينات يجب أن تكون موجودة لإحتمال إجراء أية إختبارت أو تفتيش تتطلبها مشاكل غير مرتقبة. ولما كانت إختبارات القص مكلفة وتحتاج إلى وقت طويل لإتمامها فإن برامج الإختبارات المعملية تكون عموما محدودة لمواد تمثل الأساس والمتارب وتجرى الإختبارات ثلاثية المحاور Triaxial tests على عينات تضغط إلى نفس كثافتها في الطبيعة.

# ٢-٢-٥ الأساسات والأكتاف (السنادات)

# ٦-٢-٦ التحكم في التسرب

يمكن التحكم في التسرب من خلال الأساسات والأكتاف (السنادات) عن طريق القواطع بأنواعها والستارة الأمامية غير المنفذة أو عن طريق طبقات صرف خلفية وفي الأكتاف بالذات عن طريق دهاليز Galleries صرف.

# أ- القواطع

# خنادق ردم مضغوطة

- يمكن أن يتم عمل قاطع تسرب بحفر خندق أسفل الطبقة غير المنفذة للجسر في طبقة الأساس المنفذة ولضمان فاعلية قاطع الصرف يلزم أن يكون عرض قاعة مساويا على الأقل لربع أقصى الفرق بين منسوب المياه بالخلف على أن لا يقل عن سبعة أمتار ويكون أوسع من ذلك إذا كانت مادة الأساس أسفل القاطع هامشية Marginal بالنسبة للنفاذية.
- إذا كان تدرج الردم غير المنفذ لا يعطى لمادة الأساس المنفذة حماية ضد النخاريب فيلزم وضع طبقة مرشح إعتراضية بين الردم غير المنفذ ومواد الأساس وذلك في الجانب الخلفي.
- يجب أن يوضع الردم غير المنفذ ويضغط على الناشف لذلك يلزم سحب المياه باستخدام الآبار الأبرية Well points أو الآبار العميقة خلال الحفر وعمليات الردم متى كانت تحت منسوب المياه الأرضية.

#### خنادق الروبة

- يمكن للقواطع أن تتم عن طريق خنادق الروبة في الأساسات المنفذة لأعماق تصل إلى نحو ٢٥ مترا. فحفر الخنادق في الأساسات المنفذة يتم بالكراكات الحفارة أو العزاقات أو الكراكات الكباشة أو بحفارات الخنادق وذلك لحفر خنادق إتساعها نحو ١,٥ إلى ٣,٥ متر.
- ولمنع تكهفات جدران الخندق يملأ الحفر بروبة البنتونايت Bentonite ويعاد ردم الخندق بإزاحة الروبة ثم ملئها بمواد تحتوى موادا ناعمة لتصبح شبه غير منفذة. على أن إضافة بعض الحبيبات الخشنة قد تساعد على تقليل هبوط الخندق إلى أقل ما يمكن. ومثل هذا الخندق يلزم أن يكون أمام السد مع مراعاة أثره على إتزان جسم السد إلا أن هذا النوع من القواطع غير مرغوب فيه متى وقع الجزء السفلى للخندق في منطقة زلطية أو ركامية أو ذات ميول غير ظاهرة أو صخور مشققة.

- ويلاحظ أنه قد تحدث بعض تكهفات فى حوائط الخندق الأمر الذى يحتمل معه تسريب الرشح خلال تلك التكهفات التى لم يحكم إغلاقها. بالإضافة إلى أن هناك إحتمال أن يكون الردم غير المنفذ الذى أعيد به ردم خندق الروبة لم يتداخل تماما فى الطبقة العليا غير المنفذة فى قاعدة الخندق.
- فإذا كان خندق الروبة قد أعتمد عليه في التحكم في التسرب فيلزم مراقبة عملية البدء في ملء الخزان وقراءة البيزومترات للتأكد من أن خندق الروبة يؤدي وظيفته كما ينبغي. فإذا كان القاطع لا تأثير له فإنه من الأصوب إقامة نظام للصرف في الجهة الخلفية قبل إرتفاع منسوب المياه بالخزان.

# القواطع الخرسانية في الخندق

هناك عديد من الطرق الإنشاء حائط قاطع Cut off wall بالموقع. يتراوح سمك هذه الحوائط عادة بين ٥,٧٥ ، ١,٠٠ متر وتقام في خندق محفور متماسك بالطين. ومثل هذه الحوائط الرفيعة عرضة للتشقق وذلك حسب خواص الأساس كما أن أسطح جدرانها معرضه للإحتكاك بتأثير قوى الشد إلى أسفل من تربة الأساس المدموكة.

### قواطع الستائر اللوحية

أصبح إستعمال الستائر اللوحية كقواطع تحت السدود الترابية أو الركامية غير مفضل واقتصر إستعمالها في الوقت الحاضر على الجسور الواطئة أو المؤقتة ذلك لأن هذه القواطع ليست كتيمة Watertight بدرجة تامة.

### الحقن

- يستخدم الحقن فى الأساسات الترابية أو الركامية (وتتضمن الأكتاف) لتقليل فواقد التسرب وتقييد الضغوط إلى أعلى تحت قطاعات السد الخلفية ويحدث التسرب فى الأساسات الصخرية خلال الأكتاف من بين الشقوق والفواصل ويتوقف تأثير الحقن على طبيعة الفواصل مثل سعة الشق والمسافات بينها وكذا على مخلوط الحقن وأجهزته وعملية الحقن نفسها.
- تقام ستارة الحقن أسفل الطبقة غير المنفذة للسدود الترابية والركامية عن طريق ثقوب وحقنها بمخلوط الحقن المناسب للغرض وستارة الحقن التي تحتوى على صف واحد من الخروم ليس من المستطاع الإعتماد عليها لتكون حاجزا للرشح ولذا يلزم إستخدام أكثر من صف من خروم الحقن (على الأقل ثلاث صفوف في الصخر وخمسة صفوف في التربة العادية). وستارة الحقن في التربة قد تحتاج إلى توليفة من الأسمنت والرمل الناعم في الصفوف الخارجية. وبدر اسة صفات الأساس مع الجيولوجي فإنه يمكن تحديد موضع ستارة الحقن وأعماق خروم الحقن ونظام عمليات الحقن. ويمكن تعديل تفاصيل برنامج الحقن وضبطه حسبما يتضح من بيانات الخروم الجيولوجية ونتائج الحقن. تعديل تفاصيل برنامج الحقن وضبطه حسبما يتضح من بيانات الخروم الجيولوجية ونتائج الحقن.
- إن دراسة إحتياجات الحقن ضرورية للأساسات والأكتاف (السنادات) وخاصة عندما تعترضها الفوالق وبالذات عندما تكون مناطق القص في الفالق محتوية على هشيم أو كسر صخور. ولذا فمن المفضل قفل تلك المنطقة Seal بالحقن. وعندما يعترض الفالق محور السد يكون من الأوفق الحفر حول الفالق وصب غطاء Cap من الخرسانة على شكل وتد دسرة Wedge تسير فيه مواسير الحقن حتى يمكن حقن منطقة الفالق بعمق بين قدمتي السد الأمامية والخلفية على أن يقطع إتجاه خروم الحقن الفواصل والعيوب الأخرى.

### الكود المصرى للموارد المانيسة وأعمال الرى

- كثير من تكوينات الأحجار الجيرية تحتوى على فجوات وتكهفات Cavities وعلى ذلك فإذا كان هناك شك في وجود مثل هذه التكهفات في الأساس أو الأكتاف فإن صفا أو أكثر من الخروم ذات مسافات متقاربة تكون حلا مناسبا للتخلص من النخاريب التي قد تحدث أو يمكن أن تتهدم وتمتلئ بمواد السد مما ينجم عنه نمو الفراغات في السد.
- لما كانت عملية الحقن كما تقدم هي من المسائل المعقدة فمن الواجب أن تكون هذه العملية تحت الإشراف الدقيق للمهندسين والجيولوجيين ذوى الخبرة العالية في هذا المجال.

# ب- الستارة الأمامية الكتيمة

لتقليل كميات التسرب والضغوط إلى أعلى فى الخلف فإن ستارة كتيمة بالأمام تغطى الأساس المنفذ وترتبط بالمنطقة غير المنفذة سيكون لها أثرها الإيجابى. كما تستعمل مثل هذه الستائر فى الميول الأمامية للأكتاف لأنها تعطى غالبا توليفة جيدة مع دهاليز الصرف وآبار التخفيف. هذا وتتوقف أثر تلك الستائر بالأمام على طولها وسمكها ونفاذيتها الرأسية وتصنيف طبقات التربة ونفاذيتها.

## ج- طبقات الصرف

يقصد بهذه الطبقات طبقات بين الأساس والجزء الخلفي من جسم السد والتي تخدم وظيفتي إحتياجات السد للتحكم في التسرب وكذا الطبقات العليا من الأساس في كل من الوادي والأكتاف (السنادات).

### د- آبار تخفيف الضغط Relief Wells

- لما كان معظم الأساسات ذات طبيعة رسوبية وتتكون من طبقات متتابعة فإن النفاذية في الإتجاه الأفقى تكون في العادة أكبر بكثير من النفاذية في الإتجاه الرأسي ومن هنا فإن طبقات الصرف عند سطح الأساس تحت جسم السد قد لا تكون فعالة في تخفيض الضغوط إلى أعلى عند طبقات الأساس السفلي. وتكون الوسيلة الفعالة لتخفيض هذه الضغوط هي قطع خطوط سريان المياه إما بدق آبار تخفيف بالخلف أو بعمل خنادق لقدمة مع عمل ستائر لها تخترق طبقات الأساس المنفذة. ولذلك فإنه من الأفضل عمل هذه الآبار أثناء عمليات الإنشاء تضاف إليها آبار أخرى أثناء ملء الخزان إذا ما لوحظ أن الضغوط إلى أعلى تحتاج إلى آبار إضافية. ومن الأفضل دق بيزومترات أثناء الإنشاء ثم عمل آبار تخفيف إذا أشارت قراءات البيزومترات إلى ضرورة إضافتها أثناء عملية ملء الخزان.
- ويلزم أن يسهل الوصول إلى أعلى الآبار حتى يمكن القيام بنظافتها من خلال نظام مواسير مجمعه لتصب مياهها خارج السد بعيدة عن مصارف القدمة أو الصرف السطحى. وتحتاج آبار التخفيف إلى صيانة دورية لضمان تأثيرها المتصل. ويذكر أن أثر هذه الآبار يقل بمرور الزمن ولذا فإنه من الواجب تركيب عدد من تلك الآبار أكثر مما هو مصمم لها.

### هـ مرشحات القدمة

من غير المستطاع الإعتماد على آبار التخفيف لقطع خطوط التسرب في المستويات العليا للأساس المنفذ الممتد إلى سطح الأرض ولذا فمن الضروري عمل خندق صرف للقدمة تصب مياهه في مواسير مجمعة مستقلة. وحتى إذا كانت هناك ستارة صرف أفقية ممتدة لقدمة صخرية فمن المحتمل أن يترسب على القدمة الطمي مما يتسبب عنه إعاقة الصرف وبالتالي تصبح منطقة الأساس في الخلف مشبعة بالمياه ومن ثم تكون رخوة بينما خندق القدمة يمنع ذلك ويلاحظ أن خندق القدمة مع المواسير المجمعة يشكل طريقة لقياس كميات الرشح.

### و-دهاليز الصرف والأنفاق

دهاليز الصرف أو الأنفاق تستعمل عادة فى الأكتاف. ودهاليز أو ممرات الصرف على طول إمتداد محور السد أو فى الأكتاف فى منطقة الخلف تستخدم فى تجميع الرشح من الأكتاف وكذا فى بيان ما إذا كان هناك حاجة إلى الحد من أو ضبط التسرب. ويمكن أن تدق آبار الصرف بالقرب من تلك الأنفاق لتقطيع خطوط التسرب بفاعلية أكثر.

ويراعى أن تكون أنفاق الصرف متسعة لتكفى الحقن مستقبلا إذا إحتاج الأمر له. غير أنه من المفضل في الأكتاف أن تكون كل من دهاليز التسرب والحقن مستقلة عن بعضها البعض.

# ٦-٢-٥-٢ تجهيزات الأساسات والأكتاف

### أ- الأساسات الترابية Earth Foundation

- يبنى تصميم السدود التى ترتكز على الأرض على مقدار مقاومة قوى القص فى تربة موقع الأساس. وفى حالة الأساسات الضعيفة فإن إستعمال الإنشاء المرحلى أو تقوية الأساس أو حفر المواد غير المرغوب فيها يكون أكثر إقتصادا عن إستخدام الميول المفلطحة أو مساطيح الإتزان.
  - وعادة يشمل تجهيز الأساس العناصر التالية:
  - النبش والعزيق لإزالة جذور الأشجار والجذور الكبرى وخاصة في المتر العلوي.
- نزع وإزالة النباتات من الطبقة العليا للتربة وكذا الزلط والمواد العضوية وحشوات النفايات وكل المواد غير المرغوب فيها. كذلك التربة الإنضغاطية التي تتواجد في شكل طبقات رفيعة أو في بؤر منعزلة فهذه يجب إزالتها أيضا.
- بعد عمليات النزع والإزالة فإن سطح الأساس سيكون في حالة سائبة ويتوجب ضغطه. فإذا كان الأساس طينيا أو سلتيا وبه محتوى مائي كبير أو مشبعا بدرجة عالية فيجب محاولة ضغطة بهراسات أقدام الغنم Sheepsfoot أو هراسات ذات إطارات مطاطية. أما في حالة إستخدام حركة مرور الهراسات الثقيلة أو أي معدات أخرى للإنشاء فوق سطح الأساس وبدون تقليب التربة فهذا يكون كافيا لإظهار مواقع المواد القابلة للإنضغاط والتي يحتمل أن تكون قد تركت سهوا أثناء عملية نزع وإزالة النباتات كجيوب المواد الضعيفة والتي قد تكون مطمورة تحت غطاء ضحل. كذلك الفجوات الناجمة عن إقتلاع جذور الأشجار فهذه يجب ملؤها وضغطها بدقاقات آلية.
- وللسدود المقامة على أساس فوق الأرض غير المنفذة والتي لا تحتاج إلى قواطع فإنه من اللازم عمل خندق إستكشافي بعمق لا يقل عن ٢,٠٠ مترا وذلك ليسمح بإستكشاف مواسير مهجورة أو تكهفات من مواد ضعيفة أو مناطق من المصارف المغطاة أو مناطق منفذة أو أشياء أخرى غير مر غوب فيها ولم تظهر أثناء الإستكشاف الأول.

### ب- الأساسات الصخرية

يراعى تنظيف الأساسات الصخرية من الردش السائب والذى يتضمن الرايش بسطح بلوكات الصخر والتى تمتد عبر الشقوق والفجوات المفتوحة كما يلزم إزالة النتوءات الصخرية لتسهيل حركة معدات الدمك وتجنب الهبوط النسبى. أما الشقوق والفوالق والفجوات تحت النواة وأى مكان آخر محتمل فيلزم أن تملأ بالمونة أو بالخرسانة الضعيفة وذلك حسب إتساع الفجوة. ويلاحظ عند علاج عيوب الصخر ضرورة ألا ينجم عنه طبقات من بقايا مونة الحقن أو الجونيت Gunite والتى قد تغطى أسطح الصخر الجيد لأنها قد تتشقق تحت ضغط حطات الردم أو عمليات الدمك.

### الكود المصرى للمسوارد المائيسة وأعمال الرى

- وحفر خنادق الإستكشاف الضحلة أو خنادق النواة عن طريق النسف قد يؤدى إلى تلف الصخر. فإن تطلب الأمر هذا فلا داعى لعمل خنادق إستكشاف ما لم يكن من الممكن حفر هذه الخنادق بدون نسف. وإذا كانت خنادق النواة قد كشفت عن وجود تكهفات أو شقوق كبيرة أو فوالق فيلزم عندئذ ردم خندق النواة بالخرسانة لمنع إحتمال نحر مواد النواة عن طريق مياه التسرب من خلال الفوالق أو التكهفات الآخرى بالصخر.
- عندما يقام الجسر الترابى على أساس صخرى ذى فواصل أو فوالق فمن الضرورى منع السماح لردم السد ليملأ هذه الفواصل أو أى فتحات أخرى فى الصخر السليم وعلاج الصخر المعيب كما تقدم.
- وقد تحتوى الأساسات من الأحجار الجيرية على فجوات وتحتاج إلى استكشافات كثيرة ومراقبة خاصة عند عمل الخروم. وكذا تحتاج إلى دراسة دقيقة للصور الجوية مع زيارة لسطح تلك الأحجار لتقرير ما إذا كان هناك فجوات سطحية من عدمه. على أن غياب هذه الفجوات السطحية لا يكون برهانا لعدم وجود فجوات داخلية. وإذن فمن الضروري إزالة التربة أو الصخور المتفتتة التي تستند إلى فوالق أو فواصل في الصخر تحت كل من القشرة التي بالأمام وبالخلف لتعريتها وكشف الفوالق والتكهفات وعلاجها على أساس ما تنتهي إليها در استها التفصيلية.
- ومتى وجدت الفوالق أو الفواصل المتسعة في أساس السد فمن الضرورى أن تحفر ويعاد ردمها بخرسانة ضعيفة على أن يكون الحفر بأعماق لا تقل عن مرتين أو ثلاث مرات قدر عرضها وهذا سيعطى جسرا إنشائيا فوق الفوالق أو لمواد ملء الفواصل وسيمنع رديم السد من أن يفقد داخل الفواصل أو الفوالق.

### ج- علاج الأكتاف (السنادات)

- لعل الخطر الرئيسي للأكتاف الصخرية يكمن في عدم إنتظام نظافة الأسطح والشقوق والشروخ في الصخر. فنظافة منطقة الأكتاف يلزم أن تشمل الأسطح تحت السد مع العناية التامة بالمناطق التي تلامس النواة والمرشحات إذ حول هذه المناطق يلزم إزالة كل ما هو شاذ فيها وتشذيبها لتشكل ميولا منتظمة لكل الكتف. فجميع النتوءات يلزم إزالتها وملء ما تحتها بالخرسانة المقذوفة Shotcrete.
- ويلزم تجنب الأسطح الرأسية للصخر تحت السد ما أمكن وإذا سمح بها فيجب أن لا تكون أعلى من ١,٥ متر.
- والأكتاف المسطحة نسبيا مفضلة لتجنب مناطق الشد المحتملة والتشققات التي تحصل في السد غير أن هذا لا يكون حلا إقتصاديا إذا كانت ميول الأكتاف حادة. ومع هذا ففي بعض الحالات قد يكون حلا إقتصاديا إذا أمكن فلطحة الكتف الصخرى الرأسي بمعنى أن يكون الميل ٢ رأسي: ١ أفقى أو ١ : ١ وبذا يقل إحتمال حدوث تشققات.

### ٦-٢-٦ جسم السد

### ٦-٢-٦ مواد الردم

- معظم مواد التربة يمكن إستخدامها لردم السد طالما كانت غير عضوية وغير قابلة للذوبان ويجب تجنب إستعمال المواد (تراب الصخر، الطمى) التي يزيد حد السيولة لها عن ٨٠ %.

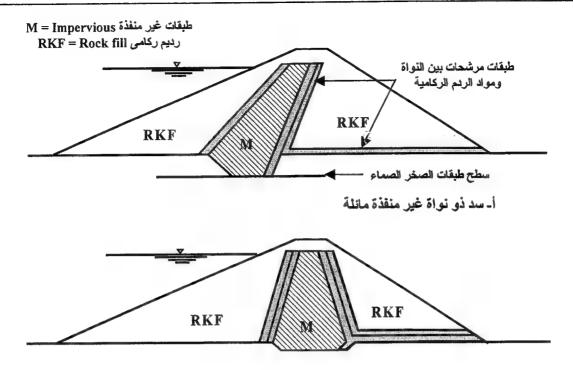
- من غير المناسب إستعمال أنواع التربة بطيئة الجفاف خاصة في المناطق ذات المناخ المطير خلال فتر ات الانشاء.
- ينجم عن إستعمال التربة ذات الحبيبات الدقيقة ذات المحتوى المائى العالى إرتفاع في ضعوط المياه المسامية في جسم السد تحت تأثير ثقله.
- يفضل استعمال التربة ذات التدرج الحبيبى الجيد عن التربة منتظمة الحبيبات لأنها أكثر قوة وأقل عرضة للنحر والإماهة وأكثر مقاومة للإنضغاط.
- لا يجب إستعمال الطمى كردم مجاور للخرسانة أو مبانى المنشآت إلا فى المناطق غير المنفذة فى جسم السد.

# ٢-٢-٢-٢ تقسيم جسم السد إلى مناطق

- يلزم تقسيم جسم السد إلى مناطق لإمكان إستعمال أكبر كم من المتارب بأقل الفواقد وعادة ما يتضمن التقسيم المناطق التالية:
  - أ- منطقة غير منفذة.
  - ب- مناطق إنتقالية بين النواة والقشرة
    - ج- مناطق التحكم في التسرب.
      - د- مناطق الإتزان.
- فى أنماط السدود الترابية العادية تتاخم النواة الوسطى غير المنفذة أغلفة أكثر نفاذية لكى تسند النواة فالغلاف الأمامى يضمن الإتزان حتى نهاية العمل وكذلك عند السحب السريع لمياه الخزان وعند حدوث هزات زلزالية أما الغلاف الخلفى فيضطلع بعمل مصرف يتحكم فى خطوط التسرب ويعطى إتزانا فى حالة المناسب العالية وعند حدوث هزات زلزالية أيضا شكل (٦-٢).
- يراعى أن يكون عرض قاعدة النواة وخندق القاطع مساويا أو أكبر من ربع أقصى فرق بين منسوب مياه الخزان ومنسوب الخلف ويجب ألا يقل عرض قمة النواة عن ثلاثة أمتار حتى يمكن لمعدات نقل الردم ومعدات الدمك أن تقوم بعملها.

# ٦-٢-٦ التحكم في التسرب

- ينبغى التحكم فى التسرب حفاظا على مياه الخزان وبحيث لا تسبب قوى التسرب خطرا على توازن الميل الخلفى للسد أو تسبب تحركات داخلية لحبيبات التربة. وقد يتيح إستخدام مواد غير منفذة كنواة فى جسم السد إقلال فواقد التسرب خلال جسم السد عن كمية التسرب المارة تحت السد أو من حوله.
- إن تقسيم السد إلى مناطق مع وضع المواد المنفذة في الطبقات الخارجية يمثل الطريقة المثلى للتحكم في التسرب. وتوضع طبقات المرشح في جسم السد أو بين السد وأساسه لمنع تحرك حبيبات التربة قليلة التماسك كما توضع طبقات صرف أفقية أو مائلة في الجهة الخلفية من السد.
- يمكن إجراء تعديلات مختلفة على قطاعات السدود ذات الأنوية الوسطى غير المنفذة فبمد النواة الوسطى على هيئة ستارة من جهة الأمام يمكن زيادة مسار التسرب.



ب- سد ذو نواة غير منفذة رأسية

شكل (٦-٢) أمثلة لسدود ركامية ذات نواة غير منفذة

# ٦-٢-٦ الدمج والهبوط

- من الضرورى أن يؤخذ هبوط الأساسات في الإعتبار عند إختيار موقع السد إذ يلزم أن يكون هذا الهبوط أقل ما يمكن ويلزم أن يزيد إرتفاع جسم السد والنواة عن الإرتفاع التصميمي لضمان وجود هامش كاف يعتمد عليه. وإذا تصادف وجود طبقات أساس قابلة للإنضغاط فلابد من إجراء إختبارات دمج Consolidation على عينات غير مقلقلة للحصول على معلومات تؤدى لتقدير الهبوط المتوقع.
- تتأثر قوى القص فى التربة بخصائص دمجها فلو كان الأساس يندمج ببطء بالنسبة إلى سرعة الإنشاء فإن جزءا أساسيا من الحمل المباشر سوف تحمله المياه المسامية.
- إذا كانت مقاومة القص المتاحة ضعيفة فإنه ينبغى فلطحة الميول وإطالة مدة الإنشاء ما أمكن والإسراع بالدمج عن طريق طبقات الصرف أو آبار الرمال الرأسية.

### ٦-٢-٦ ميول ومساطيح السد

يتوقف إتزان جسم السد على خصائص الأساسات ومواد الردم وكذا على قطاعات السد الهندسية. وعديد من العوامل التي تنتمي لإتزان السد تؤثر على إختيار ميول السد. فمن غير المرغوب إستخدام المساطيح الأفقية في الميول الخلفية لأنها تميل إلى إصطياد وتركيز مياه الصرف من أسطح الميول العليا التي يصعب التخلص منها بطريقة مناسبة ومن ثم تتسكب مياهها وتتحر الميول أسفلها وذلك بعكس المساطيح الأفقية من جهة الأمام عند قاعدة الدكة الحجرية الرئيسية الواقية فهي مفيدة عند بناء وصيانة هذه الدكة.

### ٦-٢-٦ إحتياجات الدمك

- تتوقف الكثافة والقابلية للدمك وقوة مواد الردم غير المنفذ وشبه المنفذ على المحتوى المائى أثناء عملية الدمك وعليه فإن تصميم جسم السديتأثر بشدة بالمحتوى المائى الطبيعي لمواد المتارب وبالجفاف أو الرطوبة أثناء عملية الردم.
- التربة التي تدمك وهي رطبة ذات محتوى مائي أعلى من المستوى الرطوبي الأمثل تمثل نوعا من النربة اللدنة من حيث الإجهاد والإنفعال وصغر معاملات تشوهاتها. أما التربة التي تدمك وهي جافة بمحتوى مائي أقل من المحتوى المائي الأصلى فهي:
  - تمثل إجهاد / إنفعال أكثر صلادة ومعامل التشوه بها عال.
    - ب- تكون ذات ضغوط مسامية منخفضة أثناء التشبيد
  - ج- تندمج أقل من التربة التي تضغط وهي رطبة بمحتوى مائي أمثل.
- حينما تقام السدود على أساسات ضعيفة قابلة للإنضيغاط فمن الضرورى أن تكون خواص الإجهاد/ الإنفعال لكل من جسم السد ومواد الأساس متقاربة التشابه بقدر الإمكان. ومن الممكن جعل السد أكثر لدونه ليصبح ضابطا للهبوط إذا ما إنضغطت مواده وهي رطبة بمحتوى مائى أمثل.
- حينما تكون قوى القص لمواد السد أقل من التي بالأساس في مثل حالة أساس قوى فإن مقاومة الردم تحكم تصميم الميول لأن قوى القص بالردم تتزايد بإنضىغاطها عند محتوى مائى أمثل أو أقل قليلا من ذلك المحتوى وبذا تأخذ الضغوط المسامية المتنامية خلال فترة التشييد في النقصان.
- فى مناطق الأكتاف قد يحدث هبوط نسبى داخلها إذا كانت ميول الأكتاف حادة أو يعترضها ما يمنع إستمر ارها مثل وجود بناكيت أو بروزات رأسية لأن هذا قد يخلق مناطق شد تأثيرية وشقوق فى الجزء الأعلى من السد. وإذن فمن الضرورى ضغط التربة وهى رطبة بمحتوى مائى أمثل فى الجزء الأعلى من السد لمنع حدوث شقوق بسبب ذلك الهبوط النسبى.
- الكثافة التى يتم الحصول عليها من دمك التربة بإستعمال الهراسات التقليدية أو الهراسات المطاطية شاملة العدد القياسى لتمريرات Passes تلك المعدات وسمك الحطات يلزم أن تتساوى أو تقل قليلا عن أقصى كثافة يتم الحصول عليها من الإختبارات القياسية للإنضغاط بحيث لا تقل عن ٩٥ % من الكثافات القصوى الناجمة عن الإختبارات.
- يراعى أن يتم الدمك في مناطق التماس بين جسم السد و الأكتاف (السنادات) جيدا فإذا تعذر إستخدام معدات تقيلة للدمك في هذه المناطق فمن الضروري إستعمال حطات رفيعة تدمك بمعدات يدوية.
- يلزم ألا يقل متوسط الكثافة النسبية Relative density في المواقع التي تحتوى على تربة غير ملتصقة Cohesionless عن ٥٠ % وأي جزء من الردم يجب ألا تكون الكثافة النسبية له أقل من ٨٠%.

### ٢-٢-٦ حماية الميول

تشمل حماية ميول السدود مقاومة الرياح وحت الأمواج والبلى الجوى وفعل الثلوج والأضرار المحتملة نتيجة النفايات الطافية وتتضمن هذه الحماية عمل فرشات حجرية Riprap أو تبليطات خرسانية سابقة الصب أو مصبوبة في الموقع أو تبليطات بيتومينية أو حشائش الجازون أو تثبيت التربة بالبيتومين على أن نوعية الوقاية تتوقف على وجود مواد كافية ومدى مطابقتها للموقع إقتصاديا.

### الكود المصرى للموارد المانيسة وأعمال الرى

تحتاج ميول الأمام إلى عناية أكبر من العناية بالميول الخلفية لأنها معرضة لفعل الأمواج. كما تتوقف حماية ميول الأمام على سرعة الرياح المتوقعة ومدى إستدامتها وكذا حجم وشكل الخزان بالإضافة إلى مدى إستدامة منسوب سطحه ثم على مدى تكرار تغير مناسيب البركة. ولا يحتاج الأمر في البركة ذات المنسوب الثابت إلى وقاية كبيرة تحت أوطى منسوب لها حيث أن عوامل النحر ليست بذات شأن تحت هذا المنسوب ويكتفى عندئذ بإستخدام مختارات من الزلط. أما أعلى منسوب التخزين فيحتاج إلى الوقاية من النحر الناجم عن تصرف فيحتاج إلى الوقاية من فعل الأمواج. وتحتاج الميول الخلفية للوقاية من النحر الناجم عن تصرف الخزان أو فعل الرياح ويدخل ضمن ذلك القطاعات التي تتأثر بفعل الأمواج في الخلف.

### حماية الميول الأمامية

- تكويم الدبش هو الطريقة المثلى لوقاية الميول الأمامية للسدود. والمقصود بتكويم الدبش Dumped هو التوزيع الجيد لأحجام الأحجار فالتدبيش بسمك حتى ٠،٠٥٠ مترا يجب أن يكون جيد التدرج إبتداء من شظيات الأحجار Spalls إلى أكبر حجم منها. فإذا كان السمك أكبر من ذلك فتستعمل زلاقات ذات أسياخ متوازية لها مسافات بينية مناسبة تسمح بسبب وضعها المائل للمواد الصغيرة الحجم (أقل من ٢٠ كجم) بالسقوط من بينها أما المواد الكبيرة فتنزلق وتتكوم عند أسفل الزلاقة.
- يعتمد حجم وسمك التدبيش على إرتفاع الموجة الذى يقدر بمدى تأثير الريح Fetch وسرعته Velocity وإستدامته Duration of wind كما هو مبين بالشكل (٦-٣) ويستخدم الشكل (٦-٤) لتحديد حجم التدبيش وسمك طبقة التدبيش ويلزم أن لا يقل سمك تدبيش الميول الأمامية عن ٣٠٠٠ متر ا
- المناطق الضحلة Shoal areas والجزر والسنمات Ridges التى تمتد فى الخزان كلها تقال من مدى تأثير الريح Fetch على المياه فى الأجزاء المتاخمة لأكتاف السد و عندئذ يمكن فى هذه المناطق تقليل حجم التدبيش وسمكه عما هو مسموح به فى الجزء الرئيسي للسد.
- لوقاية الميول الأمامية يبدأ بناء التدبيش من منسوب أوطى من سطح مياه الخزان بنحو ٠,٧٥ مترا حتى قمة السد أما تحت هذا المنسوب فيمكن عمل مسطاح واق يقام من نفايات الصخور.
- يجب تصميم طبقات مخدات التدبيش كطبقات رشح عندما يكون السد المراد حمايته مكونا من تربة سلتية أو رمل سلتى أو رمل ويلزم في تدرج مواد طبقة المرشح أن تمنع مواد السد من التحرك داخل هذه الطبقة وتمنع أيضا طبقة المرشح من التحرك في دكة التدبيش.

### حماية الميول الخلفية

- إذا كانت هناك حشائش كافية يمكن إستخدامها فإن الغطاء الخضرى هو الوسيلة المثلى لحماية الميول الخلفية والميل 1: ٢٠٥ يعتبر أقصى ميل مقبول لتمكين معدات الحش والتسميد من العمل بكفاءة وفي المناطق القاحلة أو شبه القاحلة حيث يصعب إستعمال حشائش الجازون Turf يمكن حماية المناطق الخارجية المكونة من التربة القابلة للتعرية (طمى ورمل) بفرشة من الزلط وكسر الأحجار بسمك نحو ٣٠٠ سم مجهزة بخنادق مجمعة عند كعب السد.
- إذا كانت الميول الخلفية معرضة للمياه فإن ما تم عمله بالأمام يقتضى عمله بالخلف وكحل بديل آخر يمكن عمل كعب حجرى Toe يمتد إلى أعلى منسوب مياه الخلف.

### ٦-٢-٧ أجهزة القياس والمراقية

من الضرورى تزويد السدود الترابية والركامية بأجهزة قياس حديثة يعول عليها لتسجيل تحركات جسم السد وأساساته ولقياس الضغوط المسامية والتسريب ويراعى أن وضع وتركيب الأجهزة لا يعد نهاية المطاف بل أن جمع وتوصيف البيانات المسجلة وفحصها وتحليلها بمعرفة المختصين بصفة دورية هو الأهم. ويتوقف نوع وعدد ومواقع تركيب الأجهزة على أهمية المشروع ومدى تشابك وتعقيد التصميم.

# ٦-٢-٧-١ أنواع الأجهزة

### البيزومترات

- يتوقف أمان السدود على الضغوط الهيدروستاتيكية التي تنمو في جسم السد وطبقة الأساس وتستخدم البيزومترات لقياس الضغوط المسامية ولتقدير كميات التسرب ومدى فاعلية وسائل الصرف.
- تركب البيزومترات في مجموعات رأسية عمودية على محور السد لتشكل قطاعات عرضية ويراعي توزيع البيزومترات في كل قطاع عرضي على مسافات مناسبة بين كعبى السد الأمامي والخلفي وعلى أعماق مختارة في جسم السد وأن يمتد بعضها داخل طبقة الأساس.
- يجب مراعاة أن يكون طرف البيزومتر فى طبقة منفذة فإن لم تتوفر هذه الحالة طبيعيا فى جسم السد لزم عمل كسوة للبيزومتر ذات جيب مملوء بمواد منفذة ويجب تزويد البيزومتر بحابك عند قمته وأن تكون الفواصل والوصلات فى أنابيب البيزومترات كتيمة.

### الأشاير السطحية

تستخدم الأشاير السطحية Surface Monuments لقياس الهبوط وتركب كل ١٥ متر من طول قمة السد للسدود التي لا يتعدى طولها ١٥٠ متر وتكون المسافات البينية لهذه الأشاير ٣٠ متر المسدود التي لا يتعدى طولها ٢٠٠ متر وتتراوح هذه المسافة ما بين ٦٠ - ١٢٠ متر ا إذا جاوز طول القمة هذا الحد وتوضع هذه الأشاير أيضا في مواقع متوسطة من ميول السد الخلفية.

# أجهزة قياس الميول

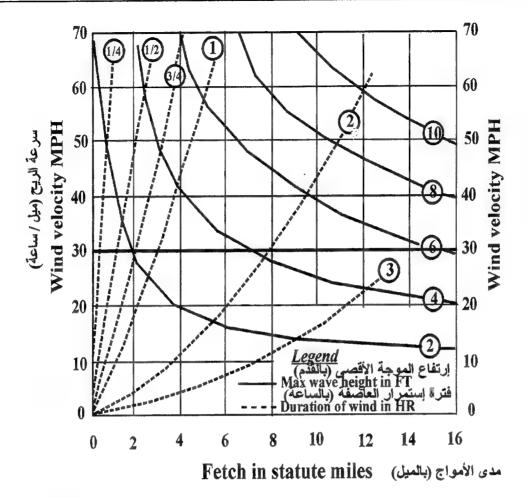
تركب أجهزة قياس الميول Inclinometers على قطاع عرضى واحد أو أكثر للسدود العالية في الوديان العميقة الضيقة أو على السدود المقامة على أساسات ضعيفة وذلك لدر اسة تحركات جسم السد.

### مسجلات التحركات

هناك أجهزة متنوعة لقياس التحركات الأفقية والرأسية والإنفعالات كالتحركات المتاخمة للمنشآت المدفونة أو هبوط الأساس أو الإنفعالات الداخلية. ويكشف قياس الإنفعالات تشققات النواة والتي تتركز غالبا بالقرب من الأكتاف وأسفل قمة السد.

### المعملات

يجب تركيب معجلات Accelerometers ذات غمازات ذاتية لتسجيل رد فعل السد في المناطق ذات النشاط الزلزالي.



شكل (٦-٣) إرتفاع الأمواج كدالة في سرعة الرياح والمدى وفترة إستمرار العاصفة

### ٦-٢-٧-٢ تنسيق العمل والتسجيلات

يراعى إفراد قسم أو ملحق في سجل تصميم السد يشمل الأجهزة المقترحة للمشروع ويتضمن العناصر الآتية :

- عدد ومواقع وأنواع الأجهزة المستخدمة.
- رسم خاص يوضح المسقط الأفقى للمشروع ومواقع تركيب الأجهزة.
  - جدول عام للأجهزة وتكرار قراءتها.
    - شرح واف لغرض كل جهاز.
  - ملف بكشوف التسجيلات لكل جهاز.

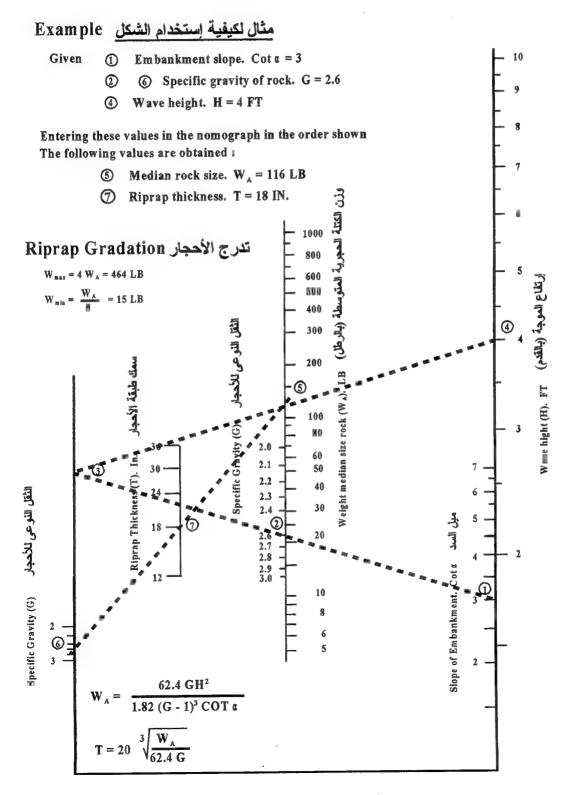
# ٣-٦ السدود الركامية Rockfill Dams

### ٦-٣-٦ مقدمة

يتم إنشاء السدود الركامية من ثلاثة عناصر رئيسية تكون جسم السد:

ا- كتلة الأحجار المفككة وهي تمثل العنصر الرئيسي لجسم السد الذي يقاوم قوة الدفع الأفقية الناتجة عن ضغط المياه أمام السد.

- ٢- الطبقة المانعة لتسرب المياه وتكون عادة إما على الميول الأمامية لجسم السد وتنشأ عادة من الخرسانة أو البيتومين أو شرائح الصلب وإما أن تكون فى محور السد وتكون غالبا من التربة المضغوطة.
- ٣- الطبقة المتدرجة من أحجار صغيرة تكون مخدة أسفل الغشاء غير المنفذ للمياه على الميول الأمامية للسد.



شكل (٦-٤) حماية الميول للسدود الترابية بإستخدام تكويم الأحجار

### الكود المصرى للمبوارد الماتيسة وأعمال الرى

ويعتبر إنشاء السدود الركامية إقتصاديا مقارنة بالأنواع الأخرى للسدود للأسباب وفي الحالات الآتية :

- تعتبر السدود الخرسانية عالية التكاليف لإرتفاع تكاليف مكوناتها.
  - صعوبة توافر الأتربة المناسبة لإنشاء السدود الترابية.
  - تربة التأسيس للسدود الركامية عادة لا تصلح للسدود الثقيلة.
- توافر الأحجار الجيدة المناسبة لإنشاء جسم السد وتوافرها بكميات كبيرة بالموقع.
  - لا تتأثر كثيرا بالقوة التي تنتج من الزلازل كما يحدث في حالة السدود التثاقلية.

# ٦-٣-٦ أنواع السدود الركامية

السدود الركامية هي تلك السدود التي تعتمد على الأحجار سواء كانت منقولة عشوائيا أو مصفوفة على طبقات مع تزويد السد بغشاء أو طبقة غير منفذة للمياه تنشأ عادة إما على الميول الأمامية لسطح السد أو داخل جسم السد على طول المحور وتتكون مواد هذا الغشاء من أي من المواد الآتية :

- الأتربة المضغوطة وغير المنفذة للمياه.
- الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة.
- الخرسانة البيتومينية المكونة من خليط الرمل والبيتومين.
  - الستائر المعدنية.

هذا ويمكن تصنيف السد الركامي حسب مكان وضع الطبقة أو الغشاء غير المنفذ للمياه كالآتي :

- سد ذو نواة مركزية على طول إمتداد السد Central core .
  - سد ذو نواة داخل السد مائلة Sloping core
- سد ذو غشاء على الميول الأمامية Upstream membrane

تحدد المميزات والعيوب للطبقة غير المنفذة للمياه حسب وضعها بالنسبة للسد والمواد المستخدمة في إنشائها. وعلى سبيل المثال فإن النواة المركزية والمائلة داخل جسم السديتم إنشاؤها عادة من التربة كما وأن النواة الرأسية في محور السد تعطى عادة ضغطا عاليا على تربة الأساس فتقل إحتمالات تسرب المياه في هذه المنطقة مما يؤدي إلى عدم تحرك المواد الناعمة المكونة للنواة في حين تستخدم الخرسانة والبيتومين والستائر المعدنية في حالة الغشاء غير المنفذ للمياه على الميول الأمامية للسد.

### وفيما يلى مميزات كل منهما:

* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *	4 * 91 4 2 * 91
النواة الداخلية	الغشاء الخارجي
المساحة الكلية المعرضة للمياه	مرئى للفحص ولأعمال الصيانة
قليلة	يجب إنشاء الغشاء بعد إستكمال الجسم الركامى
أطوال ستائر الحقن قصيرة	يمكن حقن تربة الأساس أثناء إنشاء الجزء
حماية كاملة للنواة من العوامل	الركامى
الجوية والتأثير الخارجي	يمكن إستخدامه كحماية للميول
	يمكن تعلية السد بسهولة بعد الإنتهاء من الإنشاء

فى حالة إستخدام النواة المركزية أو المائلة داخل جسم السد لابد من حمايتها بطبقة من المرشحات فى الأمام والخلف على أن تراعى الدقة الكاملة فى تصميم مواد هذه المرشحات.

### ٣-٣-٦ أساسات السدود الركامية

القاع الصخرى الذى يتميز بالصلابة ومقاومة التآكل يكون أكثر ملاءمة للسدود الركامية ويمكن إستعمال الأساسات المكونة من ركام النهر River gravels أو كسر الحجارة Rock fragments مع إستعمال قاطع للمياه كسل المناه الأساس لمنع التسرب تحت المطحى هي الحقن بالأسمنت بالقرب من قاطع المياه بالإضافة إلى تغطية المناطق المنفذة في الأمام بمواد غير منفذة.

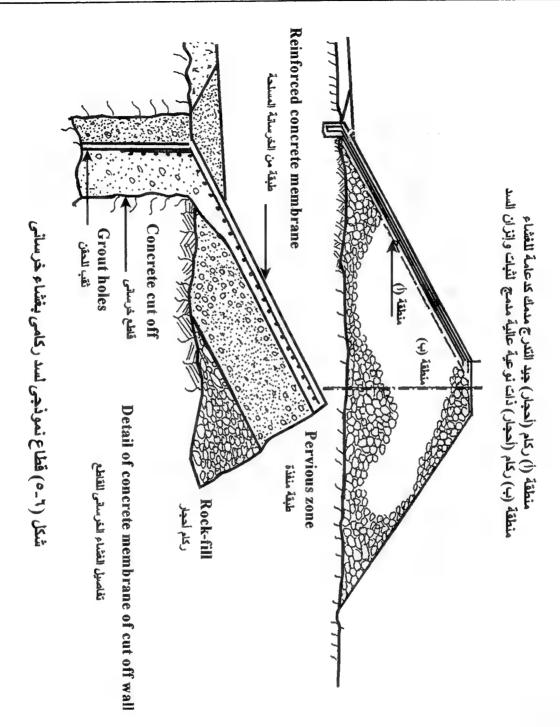
يجب حفر حوائط قواطع المياه لأعماق مختلفة داخل القاع الصخرى لمنع إنهيار الطبقات العليا من تربة الأساس ولتسهيل عمليات الحقن والتى تعتبر كحاجز للمياه مع الغشاء الحاجز للمياه والشكل (٦-٥) يوضح تفاصيل قطاع نموذجى لسد ركامى ذى حائط قاطع المياه. ومن الضرورى ألا يقل عمق وعرض حائط قاطع المياه داخل الصخر عن ١٠٥ م ويجب تعميق الحائط فى حالة التربة غير الصماء أو ذات التشققات وفى حالة فواصل الصخور المتقاربة Closely jointed rock ويجب أن يمتد القاطع على طول وصلة التلامس الأمامية بين الغشاء والأساسات.

### ٦-٣-٦ جسم السد الركامي

تتراوح أنواع الأحجار المستخدمة فى جسم السد من أحجار صلدة كالجرانيت إلى مواد ضعيفة مثل الأحجار الرملية والأحجار الناتجة من حفر المفيضات وأعمال المخارج والأنفاق والمنشآت الهامة الأخرى بموقع السد للمساعدة على تقليل تكاليف الإنشاء.

تعتمد الميول في الأمام والخلف للسدود الركامية على نوع الغشاء المانع للتسرب ومكانه ، ففي حالة السدود الركامية ذات النواة المركزية أو النواة المائلة تتراوح الميول من ٢: ١ إلى ٣: ١ في الأمام والخلف على التوالي أما في حالة السدود الركامية ذات الغشاء المانع للمياه في الأمام فإن الميول الأمامية تتراوح ما بين ١٠٣: ١ إلى ١٠٧: ١ والميول في الخلف تأخذ الميول الطبيعية لنوع الأحجار المستخدمة.

وجدير بالذكر أن معظم السدود المغطاة بغشاء خرسانى أسفلتى تم إنشاؤها بميول فى الأمام تتراوح من ١٠٦٪ اللي ١٠٨٪ اللي ١٠٨٪ المغطاة بخرسانة أو حديد تم إنشاؤها باستخدام ميول فى الأمام تتراوح من ١٠٠٪ اللي ١٠٤٪ وتعتمد الميول فى الأمام والخلف للسدود الركامية ذات النواة الترابية (مركزية أو مائلة) على حجم وخواص تربة مواد النواة وعرض طبقة المرشح المطلوب ونوع مواد الأساسات ومتطلبات سحب المياه. وعامة فإن ميول الأمام والخلف فى السدود الركامية ذات قلب ترابى تتراوح من ٢: ١ إلى ٣: ١ وشكل (٦-٦) يوضح قطاعا نموذجيا لسد ركامى ذو واجهة مسطحة وغشاء أمامى من الحديد Steel plate membrane حيث يمكن تقسيم قطاع السد إلى ثلاث مناطق كما يلى:



# منطقة (أ)

وتتكون من ركام وأحجار ذات أحجام صغيرة جيدة التدرج وتستعمل كدعامة للغشاء في الأمام ولطرد فواقد المياه المتسربة من الغشاء في حالة حدوث شروخ به.

# منطقة (ب)

وتتكون من أحجار أقل كفاءة من أحجار المنطقة (ج) وتكون من الموقع أو من ناتج حفر المفيض وتستعمل لتقليل تكاليف إنشاء السد.

منطقة (ج)

أكبر المناطق حجما وتوضع في الخلف من السد وتتكون من أحجار ذات كفاءة جيدة وحجمها كبير ومضغوطة وتعتبر هذه المنطقة مسئولة عن ثبات وإتزان السد.

ويجب أن يتراوح حجم الأحجار المستخدمة في المنطقة (ج) من ٣٠ سم إلى ٩٠ سم وأن تكون جيدة الندرج. والمنطقة (ب) يتراوح حجم الأحجار بها من ٣٠ سم إلى ٧,٥ سم. والمنطقة (أ) أقل من ٧,٥ سم إلى ٥,٠ سم وأن يكون جيد الندرج ويعتمد التدرج في المنطقة (أ) على نوع الغشاء المستعمل وطريقة الإنشاء والمواد المستعملة في المنطقة (أ) علاوة على ذلك يجب أن تعطى سطح تحمل أملس ومنتظم لواجهة الغشاء وأيضا تكون جيدة التدرج لسحب كميات المياه المتسربة عند حدوث شروخ بالغشاء.

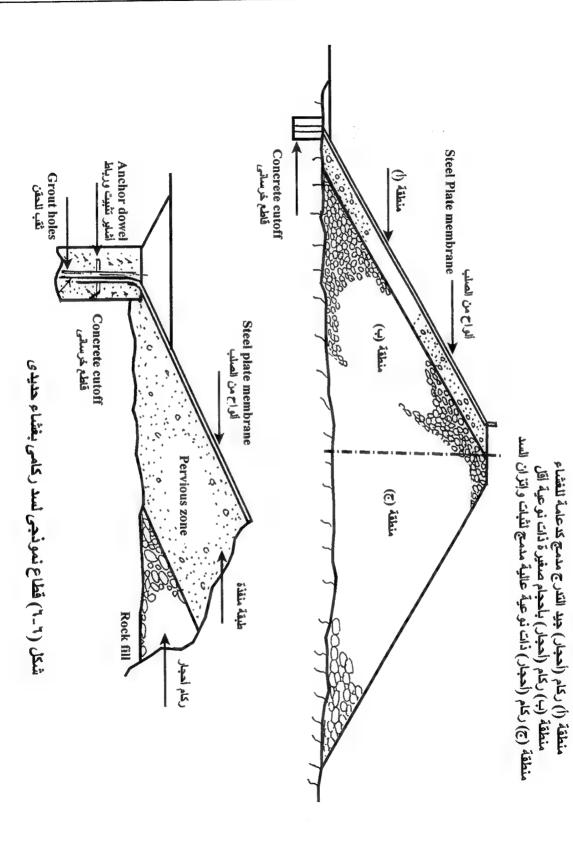
# ٣-٦- الأغشية في السدود الركامية

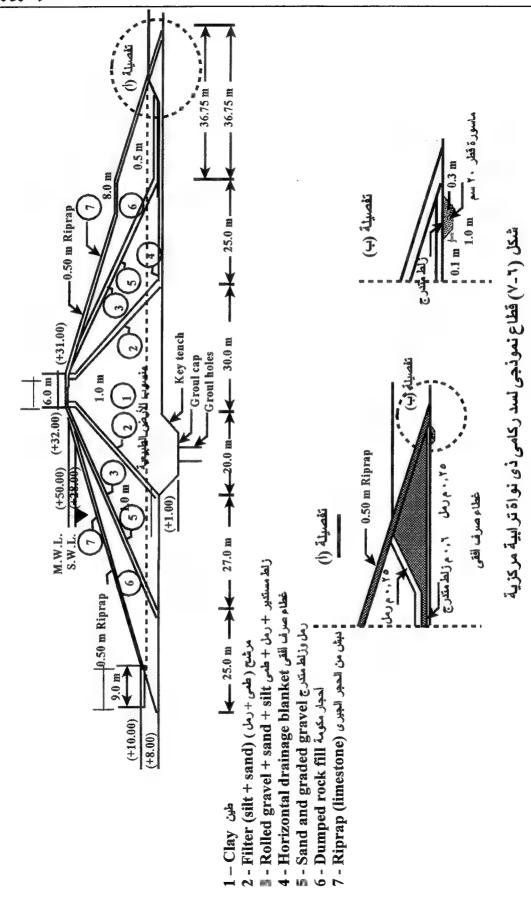
### ٣-٣-٥ النواة الترابية

عندما تسمح ظروف الموقع بإستخدام السدود الركامية ذات النواة الترابية كما هو مبين بالشكل (٧-١) عادة تكون الأقل تكلفة. ويجب أن تكون المواد غير المنفذة المستخدمة في النواة مشابهة للمواد التي تستخدم في نواة السدود الترابية. ويجب أن توضع مواد النواة عند أنسب محتوى رطوبة وعلى طبقات سمك كل منها ١٥ سم وأن تضغط بهزازات ذات الأثني عشرة لفة ويجب أن يكون دليل اللدونة The للمواد المستعملة في النواة مناسباً ليسمح بتشكيل النواة بدون حدوث إنهيارات.

### ٢-٥-٣-٦ غشاء الخرسانة المسلحة

يستخدم غشاء الخرسانة المسلحة في عدد كبير من السدود الركامية ويجب عمل فواصل التمدد الأفقية والرأسية للبلاطة الخرسانية المسلحة للغشاء كما يجب تزويد الفواصل بالمواد العازلة للمياه مثل P.V.C ويوضح Water stop ويعتمد نوع مانع المياه بين الغشاء الخرساني والأساسات على كفاءة الصخر. ويوضح الشكل (-1) قطاعاً نمطياً لسد ركامي ذي غشاء خرساني في الأمام. ويزود الغشاء الخرساني بما يعرف بحائط الحجز Parapet wall الذي يعتبر جزءا من العمق الحر اللازم لمنع حركة الموجات إلى أعلى وغمرها للسد.





### ٦-٣-٥ الغشاء الأسفلتي

يستخدم الغشاء الأسفاتى على نطاق واسع فى السدود الركامية حيث يعطى مرونة عالية وبذلك يسمح بهبوط أكبر من الغشاء الخرسانى ويؤخذ كبديل إقتصادى بالمقارنة بالخرسانة ويمتاز بسهولة تشكيله عند إنشائه.

ويجب أن تكون ميول الأمام للسدود الركامية ذات الغشاء الأسفاتي ٣: ٢ أو تكون ذات ميل أقل ٣٠ سم كما هو واضح في شكل (٦-٩) ويجب أن يكون سمك الغشاء الخرساني الأسفاتي بين ٢٢ سم إلى ٣٠ سم وعالبا ما يتم تطبيق مواصفات رصف الطرق. ويفضل تنفيذ هذا الغشاء على ثلاث طبقات ويجب وضع طبقة عازلة للتسرب على السطح النهائي للغشاء حيث أن هذه الطبقة تعزل وجه الغشاء وتزيد من قوة تحمله لتأثير المياه ، وكل طبقة توضع على شكل شرائح عرض كل منها يتراوح بين ٣ متر إلى ٣٠٥ متر ، وتنشأ على زاوية قائمة مع محور السد ويجب أن تكون الفواصل بين الشرائح المتقاربة لوجه الغشاء محكمة وذلك لمنع نفاذية المياه ويجب أن تكون الفواصل المتقاطعة Transverse joints في الشرائح المتناؤها عند درجة حرارة عالية كلما أمكن ذلك.

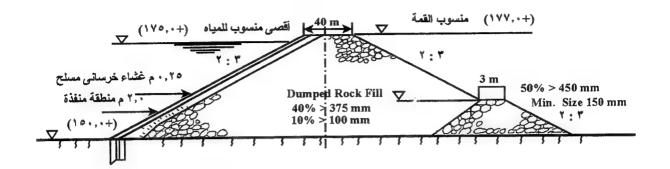
وعند وضع شريحة على قمة شريحة أخرى يجب أن تغطى الفواصل المتوازية في شرائح الطبقة العليا فواصل الشرائح السفلي بمسافة ٩٠ سم الى ١٢٠ سم.

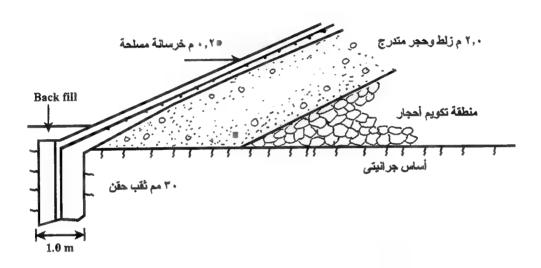
## Steel Membrane الغشاء الحديدي

يستخدم الغشاء الحديدى فى عدد قليل من السدود على المستوى العالمى والسدود ذات الغشاء الحديدى يتم إنشاؤها بسرعة ويجب أن تكون قادرة على السماح بحركة لجسم السد أكبر من تلك التى فى حالة السدود ذات الغشاء الخرسانى أو الأسفلتى. وأكبر عيوب الغشاء الحديدى أن مقاومته للعوامل الكيميائية تقلل من عمره الإفتراضى ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بإستعمال الحماية الكاثودية وجهى اللوح الحديدى.

# ٦-٣-٦ معامل الأمان ضد الإنزلاق

يجب أن تكون السدود الركامية ذات قطاع ووزن كافى لمنع الإنهيار بالإنز لاق Sliding ومعامل الأمان ضد الإنز لاق لمعظم هذه السدود يكون أكبر من أى نوع أخر ما عدا السدود الترابية. وتخلق الأحمال الناتجة عن المياه قوة الإنز لاق وتكون محصلة قوة المقاومة ناتجة من وزن الأحجار والمركبة الرأسية لموزن المياه على الغشاء المانع للتسرب إن وجدت. ويؤخذ في الإعتبار القوة الناتجة عن الغمر اتقليل الأوزان عند حساب عوامل الإنز لاق في حالة الردميات ذات النفاذية القليلة أو حينما يكون السد مغمور اجزئيا في الخلف ، وفي حالة الردميات ذات النفاذية الجيدة والتي تحتوى على أقل نسبة من الفراغات فإنها تعطى عامل أمان كبير ضد الإنز لاق ومعاملات الإحتكاك للأحجار غير المتماسكة على الأحجار أو أعلى الأحجار غير المتماسكة يتراوح بين ٢٠٠١.

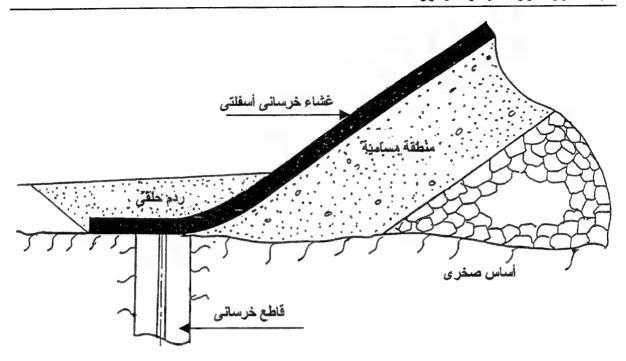




شكل (٦-٨) قطاع نموذجي لسد ركامي ذي غشاء خرساني في الأمام

# ٣-٣-٦ أعمال المخارج

يفضل وضع الأنفاق ضمن مكونات الأكتاف الصلبة والمنفصلة عن السد في حالة السدود الركامية الهامة والمرتفعة وغالبا ما يتم إنشاء أنفاق تحويل النهر لتلائم المتطلبات المستمرة لأعمال المخرج ويمكن تبطينها بخرسانة عادية أو مسلحة لتقليل الشروخ أو يتم عمل حقن تحت ضغط أو يمكن إحاطة أعمال مخارج الأنابيب الحديدية بالمثبتات الملائمة التي تحميها ضد ضغط مياه بحيرة التخزين ، وقد تم إستخدام مواسير الصلب المرن في البرابخ الخرسانية المسلحة والمواسير الحديدية المحمية بالخرسانة بنجاح في السدود الركامية المتوسطة والمنخفضة الإرتفاع ويجب تصميم الوصلات بعناية وأن تحمى كاملا ضد الإنهيار الناتج عن عمليات الإنشاء والقوة المتولدة عن الوزن وحركة جسم السد الركامي.



شكل (٦-٩) تفاصيل غشاء الخرسانة الأسفلتية في الأمام لسد ركامي

### ٣-٣-٨ الإرتفاع الحر والحائط الحاجز

يجب أن لا يقل العمق الحر Free board في السدود الركامية عن ١,٠٠٠ متر وفي بعض الأقطار يتم حساب العمق الحر بإستعمال المعادلة الآتية:

$$H = 1.5 (1.5 d^{1/2} + 2.5 - d^{1/4})$$
(6-1)

حيث

H = الإرتفاع الحر (قدم)

d = المسافة بالميل من السد إلى أقصى نقطة على طول شاطئ بحيرة التخزين مقاسا عبر الماء المكشوف وتعرف أيضا بالمدى المكشوف للمياه أمام السد

ويجب أن يكون الإرتفاع الحر المحسوب للسدود الركامية كبيرا في حالة السدود الواقعة في مناطق زلازل أو في حالة السدود المتوقع حدوث هبوط كبير بها.

وتعمل حوائط الحجز Parapet wall على طول حافة السد الركامى فى الأمام كحاجز حامى وتكون ذات قيمة عالية وتكون الزيادة المفرطة فى سعة المفيض بدون إنقاص حجم سعة التخزين غير مكلفة إذا تم بناء حائط الحجز على بعض السدود القديمة.

# Settlement of Rockfill Dams هبوط السدود الركامية

الهبوط متوقع لكل السدود الركامية وينتج الهبوط من ضغط الردم والأساسات تحت تأثير أحمال وزن الأحجار وضغط مياه بحيرة التخزين وكل هذه الأحمال يتم نقلها من خلال الردم Fill إلى الأساسات أو تنقل عبر مقاومة قص كتلة الأحجار ، ويتناسب الهبوط الكلى مع كمية الأحمال الموجودة والمسافة في إتجاه محصلة القوة التي تعمل خلالها.

ينتج الهبوط الرأسى من أوزان الأحجار ومركبة ضغط المياه الرأسية ، ويتناسب الهبوط الرأسى الناتج عن حمل الأحجار فقط عند أى نقطة على وجه السد مع مربع المسافة الرأسية من الوجه إلى الأساسات. وبالتالى يتوقع أن يحدث أقصى هبوط أسفل أعلى نقطة من السد بينما يقل الهبوط تحت الردميات الضحلة على طول الميول الظاهرة وعند الإلتحام بالأكتاف. ويجب تصميم قمة السد أعلى من المنسوب النظرى بمقدار يتناسب مع الهبوط الرأسى المحسوب أو يزداد الهبوط من صفر عند الأكتاف لقيمة قصوى عند أعمق قطاع للسد.

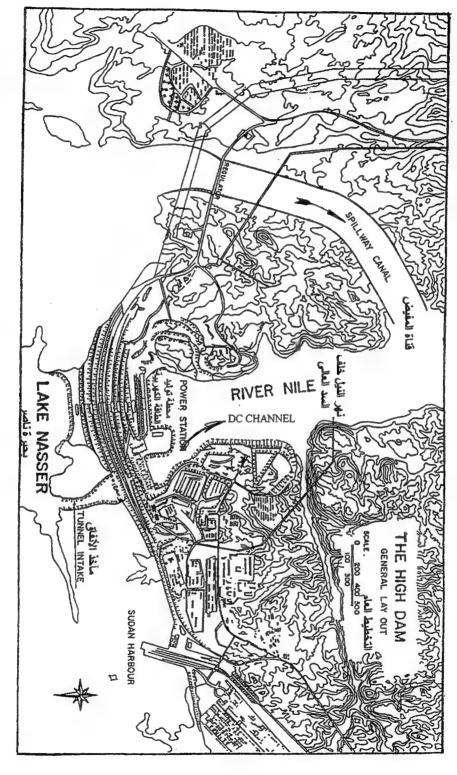
### ويشير تحليل الهبوط في السدود الركامية إلى ما يلى:

- تهبط ميول الأمام المنبسطة أكبر من الميول شديدة الإنحدار.
- تحدث معظم عمليات التكسر وإعادة ضبط الأحجار في مناطق القاع من الردميات العميقة قبل تأثير أحمال المياه.
- تؤثر خواص الأساسات وأنواع الأحجار على الهبوط ويجب ألا تنشأ السدود الركامية على أساسات ضعيفة تسمح بحدوث هبوط كبير.
- يتأثر الهبوط بشكل وميل جوانب الوادى ففى حالة الميول الجانبية البسيطة يكون الهبوط النسبى السد صعفير مقارنة بالميول الحادة ويمكن أن تسبب الأودية المتدرجة وذات الشكل الصندوقي صعوبات في مناطق الغشاء الملاصقة للأكتاف.
- يجب متابعة أداء الأغشية المعرضة لضغوط مياه كبيرة لمنع إنهيارها نتيجة لهبوط طبقات الردم تحتها ويجب عمل الإحتياطات اللازمة لمواجهة الإجهادات المصاحبة للهبوط وفروق درجات الحرارة وذلك عن طريق تقسيم الغشاء إلى باكيات Panels مزودة بفواصل لإمتصاص تأثير الحركة

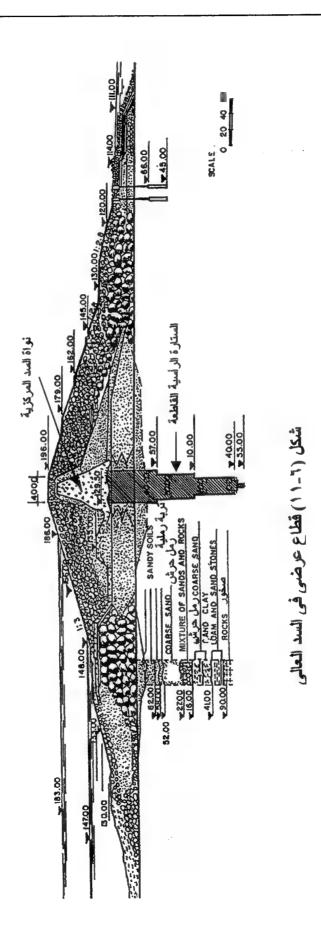
# ٦-٣-٦ السد العالى

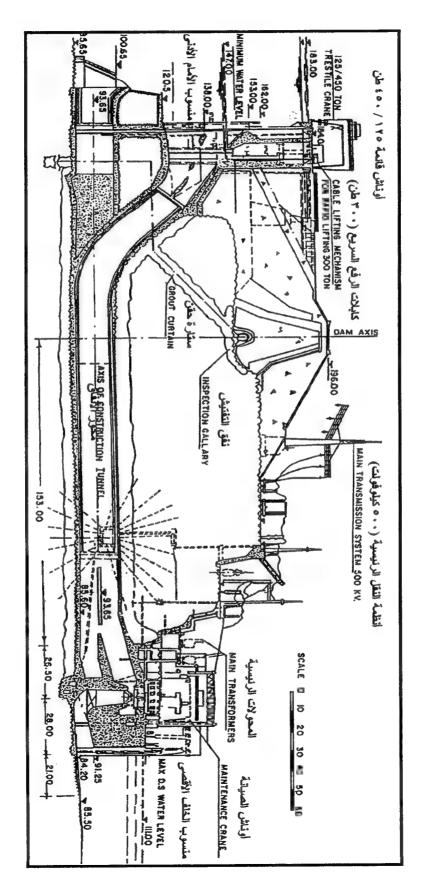
يعتبر السد العالى أحد أمثلة السدود الركامية الكبيرة في العالم حيث يتكون أمامه أكبر بحيرات التخزين في العالم كما ويأتي ترتيبه الثاني في ترتيب الطاقة وحجم المواد المستخدمة.

ويوضح الشكل (٦-١٠) المسقط الأفقى للسد العالى مبينا المفيض - الأنفاق - جسم السد بجناحيه الأيمن والأيسر وكذلك محطة توليد الطاقة الكهربية في حين يوضح الشكل (٦-١١) قطاعا بجسم السد مبينا المواد المختلفة المستخدمة في الإنشاء وكذلك النواة والستارة. ويوضح الشكل (٦-١١) الأنفاق المؤدية إلى التربينات وموقع محطة توليد الطاقة بالنسبة لجسم السد.



شكل (٦--١) مسقط أفقى للسد العالى





شكل (١٠-١١) قطاع طولى في السد العالى

### ٦-٤ السدود التثاقلية

### ٦-٤-١ مقدمة

السد التثاقلي Gravity dam هو سد مصمت من الخرسانة أو المباني مشكل بحيث يتكفل وزنه بضمان إنزانه ضد تأثير كل القوى المؤثرة عليه ولا يتوقف تصميمه فقط على تقدير أبعاده بل يجب أن يشمل التصميم أنسب الوسائل للتحكم في البياه المخزونة أمامه في البحيرة لتفي بالفائدة المرجوة من مشروع التخزين.

ويعرف الإرتفاع الإنشائي للسد بأنه المسافة الرأسية بين قمة السد وأوطى منسوب في التأسيس (الحفر) أما الإرتفاع الهيدروليكي للسد فهو الفارق بين منسوب قاع المجرى المائي والمنسوب الأعلى للمياه في بحيرة السد كما هو مبين في الشكل (٦-١٣) ويعرف حجم السد بحجم الخرسانة أو المباني المكونة لجسم السد وملحقاته ويستثني من ذلك خرسانة محطة توليد الكهرباء إن وجدت. ويوضح الشكل (٦-١٤) قطاعا عرضيا في سد أسوان بعد تعليته الأولى والثانية بإعتباره أكبر السدود التثاقلية في جمهورية مصر العربية.

# ٢-٤-٢ تقسيم السدود التثاقلية

يمكن تقسيم السدود التثاقلية حسب إرتفاعها الهيدروليكي إلى الأقسام التالية:

- . سدود منخفضة الإرتفاع وهي السدود التي يقل إرتفاعها عن ١٥ متر.
- سدود متوسطة الإرتفاع وهي السدود التي يتراوح إرتفاعها ما بين (١٥ ـ ٩٠) متر.
  - سدود عالية وهي السدود التي يزيد إرتفاعها عن ٩٠ متر.

# ٣-٤-٦ تحديد قطاع السد

يعتمد تحديد قطاع السد على طريقة التصميم وخبرة المصمم ويتضمن التصميم فروضا مختلفة وتحديدا للقوى المؤثرة على جسم السد وشروط الإتزان ويفترض عادة تجانس طبقة الأساس الصخرى وخرسانة السد ومرونتها في جميع الإتجاهات فإذا وجدت شروخ في طبقة الصخر وجب حقنها حتى يكون الأساس متجانسا ومانعا للتسرب.

### ٦-٤-٣ القوى المؤثرة على السد

تشمل القوى الرئيسية المؤثرة على السدود التثاقلية الضغط الهيدروستاتيكي للمياه أمام وخلف السد وضغط المياه المتسربة في أساس السد Uplift ووزن السد وضغط الطمي والرسوبيات وصدمة الموجة أعلى سطح المياه وقوى الزلازل ورد الفعل عند مستوى الأساس.

### ٦-٤-٣-٢ شروط الإتزان

يجب أن يقاوم وزن السد القوى المسببة للإنقلاب والإنزلاق عند أى قطاع أفقى فى جسم السد وعدم زيادة الإجهادات عن الإجهاد المسموح به فى التصميم مع عدم السماح بأى إجهاد للشد فى الخرسانة.

# ٣-٤-٦ التحليل الإنشائي

يفترض فى التحليل الإنشائى مرونة جسم السد وأنه يتكون من عدد من الشرائح الرأسية (كوابيل) المتلاصقة والملتحمة كما أن الفواصل العرضية متداخلة على شكل Keys لتجعل جسم السد كتلة واحدة بالإضافة إلى أن الأساس الصخرى وخرسانة السد تتعامل مع الإجهادات طبقا لنظرية المرونة.

### ٦-٤-٤ معالجة أساسات السد

يفضل أن تكون طبقة التأسيس من تربة صخرية صلبة قادرة على تحمل الإجهادات تحت جسم السد التثاقلي وقد يتطلب الأمر معالجة طبقة التأسيس كما يأتي:

يجب حفر وإزالة الطبقة العليا من سطح الصخر المعرضة لعوامل التعرية وغير المرغوب فيها.

يتم حقن الطبقة السفلى من الصخر إلى أعماق مناسبة لمنع الرشح أسفل جسم السد وذلك لتقليل الدفع الرأسى للضغط الهيدر وستاتيكي للمياه المتسربة أسفل قاعدة السد بالإضافة إلى جعل الأساس الصخرى كتلة و احدة.

# ٦-٤-٤ التحكم في عملية الحفر

يجب أن تتم عملية الحفر بحيث لا يتسبب عنها أضرار لطبقة الصخر السفلى وذلك أثناء حفر الصخور المفككة على السطح وأن يكون الميل الجانبي لجوانب الحفر رأسيا ما أمكن حتى يصل الحفر إلى طبقة صخرية صلبة خالية من عوامل التعرية وخالية من الشقوق.

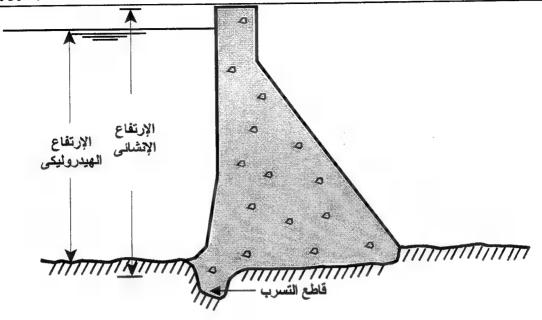
### ٦-٤-٤-٢ تجهيز سطح الأساس

يجب أن يكون التشكيل الأخير لسطح الصخر متعرجا وبه نتوءات وليس مستويا لزيادة معامل المقاومة ضد الإنزلاق بين سطح الصخر وخرسانة قاعدة السد وقبل صب الخرسانة يجب تنظيف سطح الصخر من بقايا فتات الصخر أو أى مواد غريبة لضمان الترابط بين الصخر والخرسانة ولمنع تسرب المياه من خلال سطح التلامس بين الصخر والخرسانة.

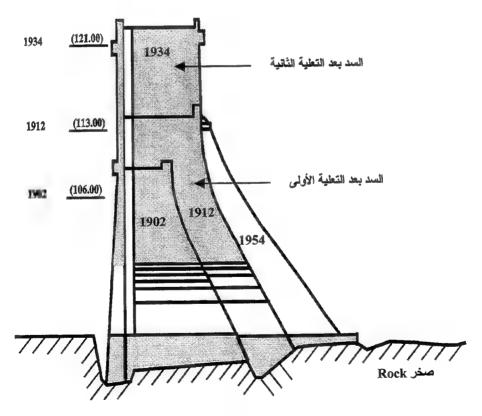
### ٣-٤-٤-٦ حقن الأساس

يتم تنفيذ عمليات الحقن من أعلى سطح الصخر أو من داخل دهاليز أو سراديب التفتيش داخل جسم السد Galleries وفي بعض الحالات يكون من الضروري حقن الأساس من مكان أسفل سطح الصخر لضمان عملية التصلب ولهذا الغرض يتم حفر دهاليز رأسية وأنفاق داخل الصخر وموازية لمحور السد وعمق الأنفاق يتوقف على مناطق الصخر التي يوجد بها تشققات أو شروخ وتستخدم هذه الأنفاق بعد ذلك في المستقبل لإجراء أي عمليات حقن إضافية بعد إتمام بناء السد وبدء عمليات تخزين المياه.

والخطة العامة عند حقن الأساس الصخرى للسد هى البدء أو لا بالحقن السطحى للطبقة العليا Shallow الذى يحتاج إلى ضغط منخفض ثم يتبعه بعد ذلك الحقن العميق ذو الضغط العالى للطبقة العميقة Deep grouting . والأخرام السطحية للحقن ذات الضغط المنخفض يرمز لها بالأخرام (ب) والأخرام المكملة حسب الحاجة يرمز لها بالأخرام (ج).



شكل (٦-١) إرتفاع السد التثاقلي



شكل (٦-٤١) قطاع عرضى في سد أسوان بعد التعليتين الأولى والثانية

# الحقن ذو الضغط المنخفض

وهو ما يتم تنفيذه فى الطبقة السطحية الصخر حتى تتحول إلى طبقة سطحية متصلاة وإمتلاء جميع الشروخ بها ويجب إجراء هذه العملية قبل صب أى خرسانة على سطح الصخر وتتم هذه العملية بتخريم وحقن الخروم السطحية المسماة بالخروم (ب) وعمق هذه الخروم يعتمد على الظروف الحقلية للموقع وقد

يتم الحقن في إتجاه ثلاثة خطوط أو أكثر موازية لمحور السد وبين أي خط وأخر مسافة تقدر بستة أمتار تقريبا وكذلك المسافة بين الأخرام حوالي ستة أمتار على الخط الواحد وبالتبادل بين الصفوف وفي أول الأمر يجب أن تكون المسافة بين الأخرام على الخط الواحد كل ١٢ متر ثم تنفذ الأخرام المتوسطة بينها بعد ذلك لتصبح كل ٦ أمتار ومدى إستيعاب الأخرام لمادة الحقن يحدد الإحتياج إلى مزيد من الأخرام الإضافية (ج) من عدمه وتستمر هذه العملية إلى أن يتم التأكد من أن كل الشروخ والتجاويف قد إمتلأت بالكامل وتم حقنها بكفاءة عالية.

وحقن الأخرام (ب) يتم رأسيا في المساحة القريبة من القدمة الأمامية للسد لتكون قاطعا رأسيا لمنع تسرب مادة الحقن عند عمل الأخرام (أ) ذات الضغط الكبير وقبل الحقن يجب تنظيف الأخرام بواسطة أنابيب يمر بها تيار من الماء تحت ضغط كبير وتصل هذه الأنابيب إلى قاع الأخرام لإزالة أي فتات من الصخر من ناتج الحفر والمواد الغريبة في الشروخ.

# الحقن ذو الضغط العالى

وهو خاص بالأخرام التي يرمز لها بالرمز (أ) وتتم هذه العملية بالقرب من القدمة الأمامية للسد لتكوين الستارة الرأسية لكي تمنع الرشح تحت جسم السد. والأخرام (أ) تتكون من صف من الأخرام المسافة بينها عرب متر ويتم الحقن فيها تحت ضغط كبير مع مراعاة عدم حدوث أي قلقلة لطبقات سطح الصخر وتنفذ هذه الأخرام بعد الإنتهاء من عمل الأخرام (ب) ذات الضغط المنخفض. وفي بعض الحالات قد يتم حقن الأخرام (أ) ذات الضغط الكبير من دهاليز التفتيش وبعد صب جزء من خرسانة جسم السد مع مراعاة ما يأتي :

- يجب أن تكون الأخرام فى الإتجاه الرأسى وقرب القدمة الأمامية للسد وإذا كان حفرها وحقنها من دهاليز التفتيش يمكن أن تميل الأخرام حتى ١٥ نحو الأمام أو أن تكون الأخرام رأسية إذا كان دهليز التفتيش قريبا من السطح الأمامي للسد.

- إذا كان تنفيذ أخرام الحقن كل ٢ متر مثلا يجب حفر الأخرام أو لا كل ٨ متر ثم حقنها وبعد ذلك يتم حفر الأخرام كل ٤ متر ثم حقنها وبعد ذلك يتم حفر الأخرام بينها فتصبح المسافة بين الأخرام كل ٢ متر.

- عمق الأخرام يتوقف على طبيعة الصخر في الموقع.

### ٦-٤-٥ الصرف من أساسات السد

على الرغم من أن برنامج الحقن الجيد يؤدى إلى قلة الرشح الجوفى إلا أنه يجب توفر وسيلة إضافية لمواجهة أى مياه قد تتسرب من خلال أو حول الستارة الرأسية لأن عدم التخلص من مياه الرشح يؤدى إلى تولد ضغط هيدروستاتيكي على قاعدة السد.

تتم عملية الصرف بحفر خط أو أكثر من الأخرام الرأسية خلف الستارة الرأسية مباشرة وتتوقف المسافات بين الأخرام وأقطارها وأعماقها على الظروف الطبيعية لطبقة الصخر وحالة عمليات الحقن وعادة ما يكون قطر الأخرام ١٠ سم والمسافات البينية لها ١٠٥ متر وتتراوح أعماقها بين ٢٠ % إلى ٤٠ من أقصى عمق للمياه أمام السد. ويتم تنفيذ هذه الأخرام بعد الإنتهاء من عمليات الحقن كما يتم حفرها من دهاليز التفتيش من ناحية الأمام وإذا لم يزود السد بدهاليز تفتيش يتم حفر أخرام الصرف من سطح أحد حطات الخرسانة أثناء بناء السد ومن خلال أنابيب يكون قد تم وضعها في الخرسانة وبعد حفر تقوب الصرف يتم تجميع أعالى الأنابيب في أنبوبة مجمعة بوصلات على شكل حرف لتوصيل الصرف من الأنابيب الرأسية وصرفها للخارج.

### ٦-٤-٦ الدهاليز الداخلية

الدهليز الداخلى هو عبارة عن تجويف داخل جسم السد وفي الإتجاه الطولى أو العرضى وقد يكون أفقيا أو مائلا. وموقع وشكل الممر يتوقف على الغرض المنشأ من أجله.

# دهليز الأساس Foundation Gallery

وهو الدهليز الداخلى الممتد موازيا لمجور السد وبالقرب من الأساس الصخرى والهدف منه حفر الأخرام وتنفيذ عمليات الحقن وعمل الستارة الرأسية كما يتم منه حفر الأخرام الخاصة بصرف المياه التي تتسرب بعد ذلك في أساسات السد ويجب أن تكون أرضية الممر أعلى من سطح الصخر بما لا يقل عن ١٠٥ متر وداخل خرسانة السد وعلى بعد ٦ أمتار على الأقل من الوجه الأمامي للسد أو ١٠ % من أكبر عمق للمياه أمام السد.

### دهليز الصرف Drainage Gallery

ويبعد هذا الممر عن الوجه الأمامي للسد بمسافة تعادل ثلثي عرض قاعدة السد.

# دهليز البوابات وغرفها Gate Gallery

وهو الفراغ اللازم الإحتواء الأعمال الميكانيكية اللازمة لتشغيل البوابات على ممرات تصريف المياه أو التغذية لمحطة الكهرباء أو بوابات المفيض.

# دهليز الحقن Grouting Gallery

من المعروف عدم إمكانية إجراء عمليات حقن فواصل الإنكماش من الوجه الأمامي للسد ولذلك فإن شبكة مواسير الحقن تخرج وتعود من الدهاليز وعند كل حطة تقدر بإرتفاع ١٥ متر من الخرسانة وكذلك يتم من الدهاليز تجهيز شبكة التبريد الصناعي للبلوكات الخرسانية المكونة لجسم السد.

# دهليز التفتيش Inspection Gallery

وهو الممر داخل جسم السد الذي يتم من داخله عمليات المراقبة والمتابعة للسلوك الإنشائي للسد بعد بنائه مع العلم بأن كل الدهاليز المذكورة سابقا ممكن أن تؤدي نفس الغرض لعمليات المتابعة والمراقبة.

ويؤثر فراغ الدهاليز الداخلية في جسم السد على توزيع الإجهادات وتركيزها في المناطق المحيطة بفراغ الدهاليز مما يتطلب تزويدها بحديد التسليح حول الفتحات مع ملاحظة أن شبك حديد التسليح يحتاج إلى غطاء خرساني في حدود ١٥ سم على الأقل من سطوح الدهاليز.

### ٦-٤-٧ التحكم في درجة حرارة الخرسانة

تحدث تغيرات حجمية في الخرسانة عندما تنخفض درجة حرارتها بعد صبها بأيام ويؤدى ذلك لحدوث إجهادات شد نتيجة إنكماش حجم الخرسانة وحدوث شروخ في جميع الإتجاهات. ومن الضروري ضبط درجة حرارة الخرسانة لمنع هذه الشروخ ويتم ذلك بالتخلص من الحرارة الزائدة كي لا تحبس داخل الخرسانة بعد صبها.

# ٦-٤-٧- العوامل التي تؤثر في درجة حرارة الخرسانة

### الأحوال الجوية

تتوقف درجة حرارة الخرسانة على الظروف الجوية المحيطة ومن الضرورى دراسة وتقييم حالة الجو السائدة لتحديد طرق المعالجة المثلى وتعريض سطح الحطة الخرسانية لفترة كافية قبل صب الحطة التى تعلوها منعا لحبس الحرارة في الخرسانية.

### التفاعلات الكيميائية

ينتج عن عملية هدرجة الأسمنت زيادة في درجة حرارة الخرسانة وكلما زادت نسبة الأسمنت ودرجة نعومته زادت كمية الحرارة المتولدة وإرتفعت درجة حرارة الخرسانة.

## متطلبات التصميم والإنشاء

يتطلب التصميم تزويد السد بفواصل الإنكماش ومعدات التبريد الإضافى أثناء الإنشاء بالإضافة إلى تحديد حجم وشكل القطاع وسمك الحطات الخرسانية والزمن اللازم بين الحطات وتوقيت صب الخرسانة. وتجدر الإشارة إلى العوامل الأساسية التالية المرتبطة ببرنامج التنفيذ.

# سمك الحطة (البلوك) Lift Thickness

يؤدى إنقاص سمك الحطة إلى تقليل إرتفاع حرارة الخرسانة وزيادة طردها من سطح الحطة فالسمك المناسب للبلوك هو ١,٥ متر والزمن اللازم بين الحطات يجب ألا يقل عن ثلاثة أيام والتخلص من الحرارة الزائدة في السدود الكبيرة يتم من سطوح الحطات أثناء الإنشاء ولا تفقد أي حرارة بعد تغطية سطوح الحطات.

# ضوابط فصولية Seasonal Limitations

تمتد فترة إنشاء السدود الكبيرة إلى فصول كثيرة ولذلك يفضل أن يكون صب الخرسانة في الفصول ذات أقل درجة حرارة مع ضمان عدم التجمد ولا يفضل صب الخرسانة في الجو الحار وإذا كان من الضروري صب الخرسانة في الجو الحار يمكن أن يسبق الصب تبريد الركام وكذلك تبريد مياه الخلط أو صب حطات أقل سمكا مع زيادة الفترة الزمنية بين كل حطة وأخرى.

# تأثير الأساس Foundation Effect

للحصول على نتائج طيبة لتفاعل الخرسانة مع سطح الأساس يجب أن تكون درجة حرارة الخرسانة عند صبها تقل عن درجة حرارة الأساس الصخرى.

## ٢-٤-٢ التبريد الإضافي

يمكن التحكم في درجة حرارة الخرسانة في السدود الكبيرة بإستعمال التبريد الإضافي وذلك بدفن شبكة من المواسير داخل الخرسانة يمر بها تيار من المياه الباردة. ويجب أن يكون التبريد تدريجيا ومنتظما ولا يسبب إختلافات كبيرة بين درجة الحرارة داخل جسم السد وحرارة الجو الخارجية كي لا تحدث شروخ في أسطح بلوكات الخرسانة. ويتم تشغيل شبكة مواسير التبريد من السطح الخارجي للسد أو عن طريق الدهاليز الداخلية.

وتتكون شبكة التبريد من ملفات المواسير المزودة برؤوس لدخول وخروج تيار المياه الباردة ويتكون كل ملف من مواسير معدنية قطرها الخارجي في حدود واحد بوصة (٢,٥ سم) وبطول قد يصل إلى ٣٥٠

متر ويوضع الملف على سطح كل حطة من الخرسانة ذات سمك ١,٥ متر وتتراوح المسافة بين خطوط المواسير عن ٠,٠٠ متر /ثانية. المواسير ما بين (٠,٠٠ - ١,٥٠) متر ولا تقل سرعة المياه الباردة داخل المواسير عن ٠,٠٠ متر /ثانية.

ويمكن التحكم في مياه التبريد بالمراقبة المستمرة لدرجة حرارة الخرسانة بواسطة الثيرمومترات المدفونة في الخرسانة أو الموضوعة داخل مواسير التبريد في المواقع التي تعطى القيم الممثلة لدرجة حرارة الخرسانة. وعندما تتحرك مياه التبريد في إتجاه واحد بإستمرار تكون درجة الحرارة عند مدخل شبكة المواسير أكثر برودة عن درجة الحرارة عند المخرج ولذلك يجب أن تسمح توصيلة المدخل والمخرج بتغيير حركة مياه التبريد بالتبادل فيصبح المدخل مخرجا والمخرج مدخلا لتنظيم عملية التبريد. ويساعد ذلك في نفس الوقت على منع إنسداد المواسير حتى لو كانت مياه التبريد تحتوى على كمية من الطمى.

### ٦-٤-٨ فواصل الإنشاء والإنكماش

لتقليل حدوث الشروخ في جسم السد تنشأ فواصل إنكماش عرضية وطولية ولذلك يتم إنشاء السد بصبه في صورة مجموعة من الكتل الخرسانية بحيث أن كل كتلة تصبح حرة عندما يحدث تغير في حجمها وبدون أي مقاومة من الكتل المجاورة لها وبعد إستقرار حجمها بعد فترة يمكن حقن هذه الفواصل حتى تصيير كلها كتلة واحدة صلبة من الخرسانة كما هو وارد في التصميم. وتكون أسطح هذه الفواصل رأسية والفواصل العرضية عمودية على محور السد ومستمرة من الوجه الأمامي للسد حتى الوجه الخلفي كما هو مبين بالشكل رقم (٦-١) بينما تكون أسطح الفواصل الطولية موازية لمحور السد ومرحلة بالتبادل عند تلاقيها مع الفواصل العرضية لمتكون كتلا رأسية تبادلية مع مراعاة ما يأتي :

### تنظيف السطح

لكى يمكن بناء سد محكم ضد تسرب المياه يجب أن يكون جسم السد وحدة واحدة وهذا يتوقف على نجاح عملية تنظيف أسطح الحطات الخرسانية والترابط الجيد بين الخرسانة حديثة الصب مع الخرسانة السابق صبها عند فواصل الإنشاء الأفقية ولذلك يجب تنظيف سطح الحطة السابقة تنظيفا جيدا للتخلص من أى مواد غريبة عن طريق غسلها بتيار من الماء والرمال وبعد صرف المياه وقبل صب الحطة الجديدة توضع طبقة من خلطة المونة الغنية بالأسمنت وتفرش على سطح الحطة القديمة.

### صب الخرسانة

يجب أن تتم عملية صب الخرسانة بطريقة منظمة تتمشى مع متطلبات التحكم فى درجة حرارتها حيث أن كل حطة فى الكتلة الواحدة تكون بسمك ١,٥ متر وبفاصل زمنى لا يقل عن ثلاثة أيام بين كل حطة وأخرى وأكبر مسافة رأسية بين أى بلوكين متجاورين وفى صفين مختلفين لا تزيد عن ٩ متر. ولذلك يجب أن ينظم برنامج صب الخرسانة أثناء عملية الإنشاء على أساس حفظ منسوب ثابت نسبيا بالنسبة لسطوح البلوكات المتجاورة.

### التنوع في خلطات الخرسانة

قد تتطلب الظروف إنتاج و إستخراج خرسانة عالية الجودة اصبها في السطح الأمامي للسد أو لسطح المفيض.

ويراعى عند إنشاء فواصل الإنكماش العرضية أن تكون عمودية على محور السد وأن تكون مستمرة بكامل عرض وإرتفاع السد وتؤخذ العوامل التالية في تحديد المسافات البينية لفواصل الإنكماش العرضية.

- مشاكل الأساس والتغير في نوع الصخور.
- المنشآت الملحقة مثل مخارج المياه وبوابات المفيض وبغال الكبارى تتحكم في إختيار أماكن الفواصل والمسافات بينها.
- · التحكم في درجات الحرارة فإذا كانت الفواصل متباعدة أكثر من اللازم ستزيد الإجهادات الناتجة من الإنكماش وبالتالي الشروخ في البلوكات الخرسانية.
- قدرة خلاطات الخرسانة إذ تتحدد المسافة بين فواصل الإنكماش على القدرة السعوية للخلاط التي تصب في الحطة الواحدة لتكون الخرسانة لينة.

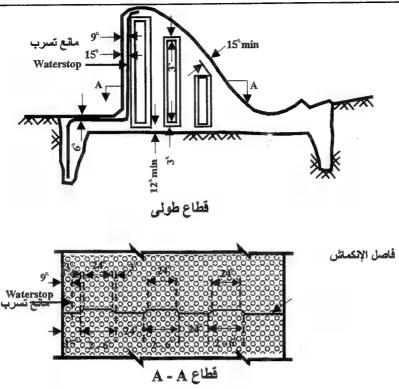
وينبغى أيضا تداخل فواصل الإنكماش العرضية رأسيا Vertical keys كما هو مبين بالشكل (٦-١٥) إذ أن تعرج الفواصل يحقق هدفين الأول يرتبط بتقليل تسرب المياه من خلال الفواصل والثاني يرتبط بزيادة قوى مقاومة القص عند أسطح الفواصل وتعتبر هذه المزايا مهمة في السدود الصغيرة التي لا يتم فيها حقن الفواصل.

### ٦-٤-٦ حقن الفواصل

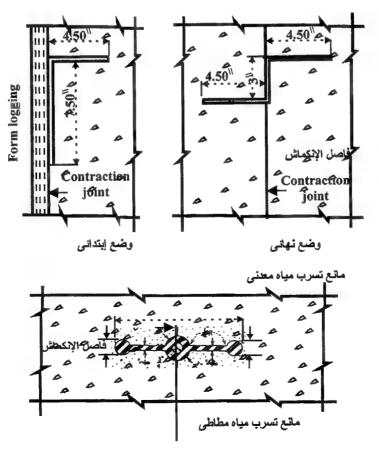
الهدف من حقن الفواصل هو ترابط البلوكات الخرسانية ببعضها حتى يعمل المنشأ كوحدة واحدة وحتى يتحقق هذا الهدف يتم ضغط خلطة الحقن المكونة من الأسمنت والمياه داخل الفاصل وبعد تصلب الخلطة تتكون طبقة قوية من الأسمنت ملتصقة مع البلوكين المتجاورين ويتم إدخال معجون الحقن عن طريق شبكة المواسير المدفونة والتى تتراوح أقطارها ما بين نصف وواحد بوصة.

### ٦-٤-٨-٢ موانع التسرب

يصحب عادة إنكماش البلوكات إتساع فى فواصل الإنكماش مما يؤدى إلى تسرب المياه إذا لم تكن الفواصل مزودة بموانع Seals وتتكون هذه الموانع من شرائح معدنية أو المطاط أو الأسفلت وتوضع هذه الفواصل بالقرب من السطح الأمامى للسد كما أن الموانع مطلوبة لتحصر خلطة الحقن كما هو مبين فى الشكل (١٦-٦) والذى يبين الموانع النموذجية التى تستعمل فى غلق فواصل الإنكماش.



شكل (٦-١) فواصل إنكماش عرضية معرجة



شكل (٦-٦) موانع تسرب في فواصل الإنكماش

### ٦-٤-٩ المفيضات وأعمال المخارج والمنشآت الملحقة

بالإضافة إلى جسم السد وأساسه تحتاج مشروعات السدود إلى الإهتمام بأعمال التحكم فى تصريف المياه الخارجة من بحيرة السد حسب الإحتياجات المائية أو تحت ظروف الفيضانات العالية بدون حدوث أضرار للسد وملحقاته.

### ٦-٤-٩ المفيضات وأحواض التهدئة

يمكن الرجوع إلى الباب الثالث الخاص بالمفيضات للتعرف على أنواعها المختلفة وإعتبارات التصميم ولعل أكثر أنواع المفيضات إستعمالا مع السدود التثاقلية المفيض من الطراز أوجى وقد لا توجد بوابات أعلى عتب المفيض وفى هذه الحالة يتم تصريف المياه بطريقة تلقائية عندما يعلو منسوب المياه فى البحيرة عن منسوب عتب المفيض. ويمكن تزويد المفيض ببوابات للتحكم فى تصريف المياه عندما يعلو منسوبها عن منسوب عتب المفيض. ولتبديد الطاقة الهائلة من المياه المتساقطة فوق المفيض قبل وصولها إلى قاع النهر خلف السد تبنى أحواض التهدئة وتزود بالبلوكات الخرسانية والأعتاب المناسبة لضمان تكوين القفزة الهيدروليكية فوق فرش حوض التهدئة وخفض سرعة المياه خلف السد لتكون فى حدود ما يتحمله قاع النهر دون حدوث نحر.

# ٣-٤-٩ أعمال المخارج

وهى المنشآت والأجهزة والتركيبات المطلوبة للتحكم فى تصريف المياه الخارجة من بحيرة السد حسب الإحتياجات المائية. وهذه المخارج تتحكم فى تنظيم التصرف فى النهر ومنسوب سطح بحيرة السد كما تشمل مخارج المياه المؤدية إلى محطة توليد الكهرباء. ويتوقف تصميم هذه المخارج على مقدار التصرف المطلوب خروجه وقد تمر المياه من فتحات فى جسم السد أو من خلال أنفاق فى جوانب السد ولما كانت سرعة المياه الخارجة عالية فيجب مواجهتها ببناء أحواض تهدئة حتى تكون سرعة المياه فى حدود آمنة مع الإستعانة بنتائج الدراسات المعملية على نموذج للسد.

### ٣-٤-٦ المنشآت الملحقة

تشمل المنشآت الملحقة للسدود الأعمال التالية:

### الأبراج

وهى الأبنية المقامة على قمة السد لتغطية المدخل المؤدى إلى المصعد الكهربائى الذى يربط بين قمة السد والدهاليز الداخلية وأماكن إحتواء أجهزة التشغيل الداخلية.

### الكبارى المقامة فوق المفيض

يحتاج الطريق المقام فوق السد إلى إنشاء كوبرى عند إستمر اره فوق المفيض ويتمشى عرض الكوبرى مع عرض الطريق ويتبع تصميم الكوبرى نفس المواصفات العامة للكبارى.

### أعمال الخدمات

وهى الأعمال التى تختص بالأجهزة وجميع الملحقات الخاصة بتشغيل المعدات الميكانيكية والكهربائية للسد أو محطة توليد الكهربائية أو الأوناش أو المسرف أو المصاعد الكهربائية أو الأوناش أو أجهزة الإنارة.

# ٦-٥ السدود العقدية Arch Dams

### ٦-٥-١ مقدمة

يكون السد العقدى منحنيا في المسقط الأفقى وينقل معظم أحمال المياه أفقيا إلى الأكتاف Abutments عن طريق التأثير العقدى Arch action. ولمواجهة قوة الدفع المتولدة من ضغط المياه فإنه يجب أن تكون الحوائط الجانبية للوادى أو الأخدود قوية وقادرة على مقاومة قوى الدفع. ومعظم السدود العقدية التي تم إنشائها في القرن الأخير كانت من الخرسانة ويعطى الجدول (١-١) أبعادا لبعض السدود العقدية في دول مختلفة. ويكون قطاع الوادى مناسبا لإقامة سد عقدى إذا كانت نسبة طول السد عند القمة إلى أقصى إرتفاع للسد لا تزيد عن ٥.

ويعد التحليل الإنشائي للسدود العقدية معقدا ويفترض أن السد العقدى يتكون من العقود الأفقية والتي تنقل قوى الدفع إلى الأكتاف ومجموعة من الكوابيل الرأسية المثبتة في الأساسات كما هو موضح في الشكل (٦٧-٦). ويجب مقاومة المركبة الأفقية لحمل المياه بواسطة التأثير المسشترك للقوس والكابولي Arch cantilever action وعادة ما يتم تحديد توزيع الأحمال بين العقود والكوابيل بطريقة محاولات الأحمال كما يلي :

- معظم الأحمال بالقرب من قاع السد تقاوم بو اسطة الكوابيل.
  - معظم الأحمال بالقرب من قمة السد تقاوم بواسطة العقود.

بعد إفتراض توزيع الأحمال فإنه يجب حساب الترخيم للعقود والكوابيل ويكون الفرض سليما في حالة ما يكون ترخيم العقد عند أي نقطة مساويا لترخيم الكابولي عند نفس النقطة ، وفي حالة عدم التساوي يجب إعادة توزيع الأحمال حتى نجد التوزيع المناسب الذي يعطى ترخيماً متساوياً للعقد والكابولي عند كل النقط و بعد ذلك تحسب الإجهادات في السد و الأساسات على أساس توزيع الأحمال المفترض.

# جدول (۱-۱) أبعاد بعض السدود العقدية

Calderwood	Shannon	Cachi	Seminoe	Morse Mesa	Arrowrock	Pacoima	Owyhee	<b>Morrow Point</b>	Bhumiphol	Hungry Horse	Vidraru	Tignes	Kurobegawa No. 4	Glen Canyon	Hoover	Contra	أسم السد	
(Tenn.)	(Wash.)	Costa Rica	(Wyo.)	(Ariz.)	(Idaho)	(Calif.)	(Oreg.)	(Colo.)	Thailand	(Mont.)	Romania	France	Japan	(Ariz.)	(Ariz-Nev.)	Switzerland	البند أو الولاية	
70	80	87	90	93	107	114	127	143	154	159	166	181	186	214	222	230	<u>(</u>	क्रिकान
248	151	70	162	239	350	195	254	230	486	645	305	376	490	473	380	380	Ĵ	الطول
7.6	6.1	• • • •	5.2	2.4	4.9	3.1	9.2	3.7	•	11.9	a	•	•	7.6	13.7	***	( <del>1</del>	عرض السد
15	41	•	27	13	68	30	81	16	•	101	•	•	:	104	202	•••	(1)	عرض السد عند القاعدة
305	101	25	132	112	442	172	373	275	1000	2220	500	635	1365	3700	2485	660	مكعب)	وجم السد
Variable	Constant	•	Constant	Variable	Constant	Variable	Constant	Variable	•	Variable	Constant	Constant	•	Constant	Constant		į	نصف قطر
$4.20 \times 10^7$	1.63 x 10 <sup>8</sup>	$5.30 \times 10^7$	$1.27 \times 10^9$	$3.02 \times 10^8$	$3.52 \times 10^8$	$7.40 \times 10^6$	$1.38 \times 10^9$	$1.44 \times 10^{8}$	$1.22 \times 10^9$	4.32 x 10 <sup>9</sup>	$4.52 \times 10^8$	$2.30 \times 10^8$	$2.00 \times 10^8$	$3.46 \times 10^{10}$	$3.84 \times 10^{10}$	$8.65 \times 10^7$	(منز)	سعة التغزين
1930	1926	1966	1939	1927	1915	1928	1932	1968	1964	1952	1965	1952	1964	1962	1936	1965	į	سنة إتمام

## ٦-٥-٢ أنواع السدود العقدية

يمكن تصنيف السدود العقدية على الأسس التالية:

## أولا السمك Thickness

- سد عقدی رفیع.
- سد عقدى سميك.
- سد عقدى ثابت القطاع.
- سد عقدى متغير القطاع.

# ثانيا التماثل بالنسبة لقطاع السد عند القمة Symmetry

- سد عقدی متماثل.
- سد عقدی غیر متماثل

## ثالثا خواص المنحنيات الخارجية والداخلية

## **Characteristics of Extrados and Intrados Curves**

- سد عقدی مفرد.
- · سد عقدی مرکب.
- سد عقدى ذو نصف قطر ثابت.
- سد عقدی ذو نصف قطر متغیر.

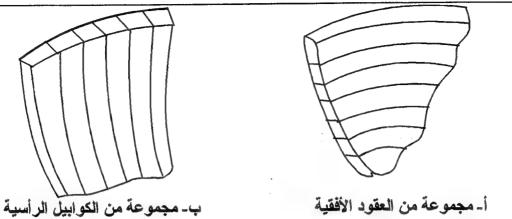
## ويمكن توضيح أهم هذه الأنواع كالأتى:

## ٦-٥-٢ سدود ذات نصف قطر ثابت

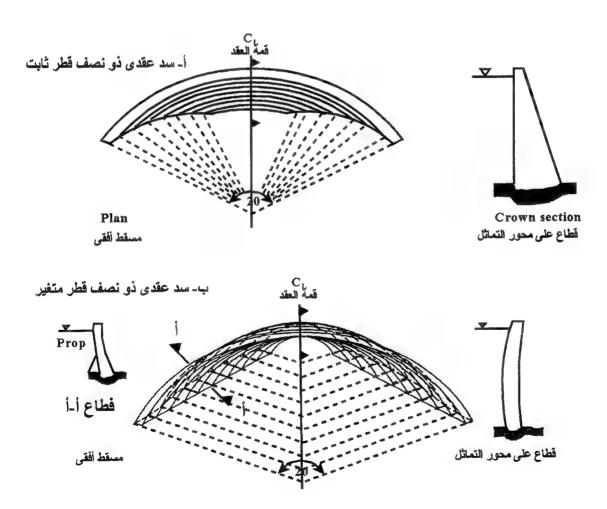
يمثل السد العقدى ذو نصف القطر الثابت Constant radius dam أبسط الأشكال الهندسية إذ يعطى سطحا رأسيا ثابت القطر من جهة الأمام وسطحا منتظم الميل من جهة الخلف كما هو موضح بالشكل (٦٥-١) أورغم أن هذا النوع من السدود العقدية ليس الأكثر كفاءة من حيث حجم السد إلا أنه يتميز بالبساطة النسبية في التحليل الإنشائي ومن جهة التنفيذ ويفضل إنشاء السدود العقدية ذات أنصاف الأقطار الثابتة في حالة الأودية على شكل (U) حيث أن الجزء الأكبر من حمل المياه عند المناسيب المنخفضة ينقل بتأثير الكوابيل.

## ٦-٥-٢ سدود ذات نصف قطر متغير

يعرف السد العقدى ذو نصف القطر المتغير Variable radius dam بالسد العقدى ذى الزاوية الثابتة وعادة ما يكون له منحنيات داخلية وخارجية ذات أنصاف أقطار متدرجة ومتناقصة كلما زاد العمق أسفل القمة وذلك لحفظ الزاوية المركزية كبيرة وثابتة كلما أمكن لضمان أكبر كفاءة للعقد على جميع المناسيب. ويعطى هذا النوع من تشكيل السدود العقدية تعليقا لجسم السد Overhang كلما إقتربنا من جهة الأكتاف كما هو موضح في الشكل (٦-١٨)ب ويجب دراسة إتزان السد أثناء عمليات الإنشاء وعندما يكون الخزان جافا. والمتغلب على مشاكل ظاهرة التعليق المشار إليها يمكن سند جسم السد بدعامات قرب الأكتاف أو تعديل قيم الزاوية المركزية ويناسب هذا النوع من السدود الأودية حادة الجوانب على شكل حرف (٧).



شكل (١٧-٦) المكونات الإنشائية للسدود العقدية



شكل (٦-٨) التشكيل الهندسي لسدود عقدية ذات خواص منحنيات مختلفة

## ٦-٥-٣ نظرية السدود العقدية

يرتبط تحليل الإجهادات في السد العقدى بالمبادئ الرياضية وقوانين الميكانيكا ونظريات المرونة Theory of elasticity ويمكن تلخيص الفكرة الأساسية لتصميم هذا النوع من السدود كالتالى:

## ٦-٥-٦ تأثير القوس بمفرده

صممت كثير من السدود العقدية بالنظرية التى تفترض أن كل ضغط المياه ينتقل أفقيا إلى الأكتاف بتأثير القوس Arch action وأن أوزان الأحمال الميتة بالإضافة إلى الوزن الرأسى للمياه فى حالة ميول الوجه الأمامى سوف ينتقل رأسيا إلى الأساسات عن طريق تأثير الكابولى بمفرده. ويمكن تحديد سمك القوس فى بداية التصميمات بالمعادلة الآتية:

$$t = \frac{RP}{f} \tag{6-2}$$

حيٿ

t = سمك القوس

P = ضغط المياه

R = نصف قطر الوجه الأمامي

f = إجهادات الخرسانة المسموح بها

وفى بعض الحالات يمكن حساب سمك القوس بواسطة تحليل الأقواس المرنة إذ أن إهمال تأثير الكابولى من الإعتبار عند تصميم السدود العقدية يعتبر غير مقبول حيث أن الكوابيل الرأسية تجعل السد ثابتاً على الأساسات. ويجب أن يحدث ترخيم فى الكوابيل لكى تنطبق مواقع ترخيمها مع مواقع ترخيم الأقواس. وكلما زاد إنحناء الكوابيل عن طريق نقل أحمال المياه خلال عناصر الكوابيل فقط إلى الأساسات • فإن النظرية التى تقول أن أحمال المياه الداخلية تنقل أفقيا إلى الأكتاف بتأثير القوس تكون غير صحيحة.

## ٢-٥-٦ تأثير القوس والكابولي

نظرية تصميم السد العقدى الأكثر قبولا والمرضية هى التى تعتبر حمل المياه الأفقى يقسم بين الأقواس والكوابيل متساويا عند جميع والكوابيل متساويا مند جميع بنا المعاولة عند المعاولة عند المعاولة عند المعاولة حيث نقط تقاطع كل أجزاء المنشأ ويتم تحديد توزيع الحمل المطلوب لتحقيق هذا الغرض بالمحاولة حيث يمكن إستخدام طريقة محاولات الأحمال Trial load method وعندما تكون التراخيم مناسبة فإنه يمكن حساب إجهادات القوس والكابولى وإعتبارها الإجهادات الحقيقية في السد.

يعمسل التحليل الأولى عادة على الأسساس النظرى بأن كل عنصسر يتحرك فى إتجاه شاعى Radial direction بدون معوقات من العناصر المجاورة وبدون أن يتعرض إلى تشكيلات مماسية أو التوائية Tangential or twisting deformation ويفترض أن عناصر الكابولى مثبتة بالأساسات وعناصر القوس مثبتة بالأكتاف وحيث أن السد منحنى فإن عناصر الكابولى تعتبر شرائح رأسية Vertical radial planes ملفوفة حول المستويات الشعاعية الرأسية Wertical radial planes وعناصر القوس تعتبر شرائح أفقية حول المستويات الشعاعية الرأسية خابت من الكتف إلى الكتف ، ويجب أخذ الإفتراضات الآتية في الإعتبار عند تصميم السدود العقدية :

- صخور كل من الأساسات والأكتاف متجانسة ذات خواص ميكانيكية واحدة ومنتظمة المرونة.
  - خرسانة جسم السد متجانسة ومنتظمة المرونة.
  - الإجهادات المتولدة تقع في نطاق حد المرونة وقانون هوك.
  - معدل التغير في الإجهادات في حدود سمك السد في صورة خطية.
    - تظل القطاعات المستوية قبل التحميل مستوية بعد التحميل.
    - تتغير الحرارة في داخل سمك القوس لكنها ثابتة في كل عنصر.
  - الإجهادات والإنفعالات المتولدة نتيجة الحرارة تتناسب مع التغييرات الحرارية. - تنقل جميع الأحمال بواسطة إجهادات الضغط والقص فقط وإجهادات الشد غير مسموح بها.

- يجب حقن فواصل لإنشاء القطرية بحيث يعمل السد كوحدة متجانسة ويستكمل الإنكماش الرأسى قبل حقن الفواصل بحيث يضمن عدم نقل الأحمال جانبيا بواسطة الأقواس الرأسية.

## ٦-٥-٤ الأحمال على السد العقدى

الأحمال على السدود العقدية هي نفس الأحمال على السدود التثاقلية ما عدا الإجهادات والترخيم المتولد من الحرارة التي يجب أن تؤخذ في الإعتبار في السدود العقدية بينما تهمل في السدود المستقيمة.

الأحمال المينة في السدود العقدية هي الأوزان الناتجة عن الخرسانة والبوابات والأوناش والمنشآت والمعدات الأخرى بينما الأحمال الحية هي ضغط مياه بحيرة التخزين وتؤخذ أحمال إضافية أخرى مثل ضغط المياه الخلفي وضغط الدفع لأعلى Uplift pressure وكذلك ضغط المياه لأعلى تحت القطاعات المعلقة والترسيبات على الأوجه المائلة Deposition of silt ومن الأحمال الحية الأخرى حركة الطمي Silt في مياه تصرف الفيضانات ، تكونات الثلج السطحي ، والقوى الناتجة عن الزلازل.

عند تصميم السدود العقدية فإن قوة الضغط لأعلى Uplift pressure لا تعتبر عاملا أساسيا يؤخذ في الإعتبار لذا يمكن إهمالها في حالة عدم حدوث شروخ Cracks في جسم السد وفي حالة حدوث شروخ فإن قوة الدفع لأعلى تسبب زيادة الترخيم في الخلف، وتحدث تغيرات في توزيع الحمل وزيادة إجهادات الضغط العظمي في كل من عناصر القوس والكابولي. ويمكن تمثيل ضغط الثلج على أنه حمل مركز مستمر على طول عنصر القوس عند مستوى تكوين الثلج، ويمكن حساب توزيع الأحمال بطريقة محاولات الأحمال ويمكن نقل الحمل إلى الأكتاف والأساسات بوضع حديد تسليح Reinforcement في الوجه الأمامي للسد.

وتسبب الفروق فى درجات الحرارة بين وجهى السد فى خلق قوى داخلية Internal forces فى جسم السد والتى تعمل على حركة الوجه الأمامى للسد خلال الصيف والوجه الخلفى خلال الشتاء وتعمل الحالة الأولى عكس الإجهادات الناتجة عن أحمال المياه على السد وبعد ذلك تعمل معه فى الحالة الثانية لذلك فإن ظروف الشتاء تكون أكثر أهمية عند تحليل الإجهادات.

## ٦-٥-٥ توزيع الإجهادات على السدود العقدية

#### **Distribution of Stresses in Arch Dams**

يتوقف توزيع الإجهادات على السد العقدى على نصف قطر الإنحناء الأفقى وشكل القطاعات العرضية الرأسية والأبعاد العامة للمنشأ وإنتظام شكل الوادى المنشأ عليه السد.

## ٦-٥-٥ إجهادات الكابولي

تنشأ أقصى إجهادات كابولية في السدود العقدية في المواقع الخالية من التشكلات غير المنتظمة المعروفة. وعادة ما تحدث عند قاعدة الكابولي الأكثر إرتفاعا أثناء حمل الخزان المملوء وتحدث أقصى إجهادات ضغط عند الحافة الخلفية للقاعدة و فالبا ما تحدث إجهادات الشد عند الحافة الأمامية للقاعدة و ذلك في حالة السدود العقدية الرفيعة.

#### ٢-٥-٥-٢ إجهادات العقد

إجهادات العقد عند المركز والأجزاء العلوية للسدود العقدية غالبا ما تكون أعلى من الجزء السفلى وتحدث أقصى إجهادات بالعقد عند قطاعات القمة Crown والأكتاف Abutment وعند قطاع القمة فإن إجهادات الضغط العالية غالبا ما تحدث عند الوجه الأمامي للسد وإجهادات الضغط المنخفضة أو إجهادات

الشد عند الوجه الخلفي وعند قطاعات الأكتاف فإن حالات الإجهاد عادة ما تكون معكوسة الوضع مع التغيير في إشارة العزم الذي يحدث بالقرب من نقط أرباع القطاع Quarter points .

#### ٦-٥-٦ تصميم السدود العقدية

أفضل تصميم للسدود العقدية ذلك التصميم الذى يعطى إجهادات منتظمة التوزيع وإجهادات شد أقل ما يمكن. وأقصى إجهادات ضغط وقص تكون في الحدود المسموح بها والتكاليف الكلية للمنشأ أقل ما يمكن.

تحلل الإجهادات في السدود العقدية بطريقة التجريب والخطأ مع عدم السماح بنقل الأحمال بالشد وإجهادات الضغط يجب أن لا تزيد عن ٤٠ كجم /سم والقص عن ٢٠ كجم /سم أثناء أقصى ملء للخزان ، ويجب أخذ تأثير الزلازل في الإعتبار بزيادة الإجهادات من ١٠ % إلى ١٥ % ويجب أن يدرس المهندس عند إعداد التخطيط الأولى للسد العقدى التصميمات المناظرة للمواقع المماثلة حيث يتم تحديد الأبعاد والإنحناءات بدقة بطريقة محاولات تحليل الأحمال Trial load analysis ولكى نتجنب إجهادات الشد العالية عند وجه الخزان The reservoir face ولضمان أقصى كفاءة للعقد فإنه يجب أن تكون الزاوية المركزية للعقد أكبر ما يمكن والإعتبارات النظرية توضح أن الزاوية المركزية كا٣٦٣ ولقي تكون لها مميزات عظمى من وجهة النظر الإقتصادية ولكن الشروط الطبوغر افية عادة ما تمنع من توفير هذه الزاوية لعناصر العقد السفلى.

ويجب أن ينشأ قطاع عرض قمة السد العقدى بحيث يكون ثابتا من الكتف إلى الكتف ويمكن أن يكون سمك العقد عند المناسيب المنخفضة ثابتاً أو يزداد كلما إتجهنا نحو الأكتاف إعتمادا على حالات الإجهاد.

ويجب ألا تزيد نسبة الطول إلى السمك عند قمة السد عن ٦٠ وتفضل القيم الصغيرة في بعض الأحيان للحصول على قطاع صلد عند قمة السد ليكون مناسبا لإنشاء طريق على طول جسم السد.

ويجب حساب أعماق الحفر في كل من الأساسات والأكتاف عند تحديد الأبعاد في التحليل الأولى ويجب أن تكون الأسطح المحفورة متدرجة بين المناسيب المختلفة ويجب تجنب التدرج الكبير على طول مستويات الأكتاف ويجب أن تكون عمليات الصرف والحقن على كفاءة عالية ويجب دراسة الخواص الجيولوجية عند موقع السد بواسطة خبير أساسات قبل إجراء التصميمات التفصيلية.

## ٦-٥-٧ تحليل القوى للتصميم الأولى

يجرى تحليل القوى للتصميم الأولى لأحمال الخزان المملوء بالإضافة إلى أقصى إنخفاض في درجات الحرارة ويؤخذ تأثير الأحمال الأخرى بعد إختيار التصميم الرئيسي ويمكن عمل تحليل التصميم الأولى بإحدى الطرق الآتية:

- ١- تحديد Assigning الأحمال الأفقية على عناصر القوس.
- ٢- تقسيم الأحمال الأفقية بين عناصر القوس والكابولي على أساس الضبط الشعاعي للترخيم Radial adjustment of deflection .
- ٣- تقسيم الأحمال الأفقية بين عناصر القوس والكابولي على أساس الضبط الإشعاعي عند قطاعات مختلفة.

وتعتمد الطريقة التي تستخدم على شكل الوادي وعلى إرتفاع وأهمية المنشأ كما يلي:

- تلائم الطريقة الأولى الحالات التي يكون فيها الوادي منتظما Regular وضيقا Narrow و الزاوية المركزية وارتفاع السد صغيرا ولذلك يفضل السد العقدي المتماثل ذو السمك الرفيع والزاوية المركزية كبيرة.

- الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى على المجانب الأخر تلائم الطريقة الثانية الأودية التي على شكل V-Shape وجوانب الوادى ليست منتظمة تماما والسد صغير جدا نسبيا.
- تلائم الطريقة الثالثة الحالات التي يكون فيها شكل الوادي غير متماثل والموقع صخريا Rock profile ويحتوى على عدم إنتظامية مؤكدة وظاهرة.

# ٢-٥-٧ الأحمال الكلية على العقود

إستنتجت كثير من المعادلات لتحليل العقود الدائرية ذات السمك الثابت وتحت تأثير الأحمال القطرية المنتظمة بواسطة كثير من الدارسين. وفيما يلى عرض لبعض معادلات كين المعدلة Cain لقوة الدفع Thrust والعزم عند قطاعات القمة والأكتاف والناتجة عن أحمال المياه المنتظمة ـ شكل (٦-١٩).

قوة الدفع عند التاج (H<sub>0</sub>)

$$H_0 = \Pr{-\frac{\Pr}{D} 2 \phi \sin \phi \left\{ \frac{t^2}{12 r^2} \right\}}$$
 (6-3)

العزم عند التاج (Mo)

$$M_0 = -(\Pr - H_0) r (1 - \frac{\sin \phi}{\phi})$$
 (6-4)

قوة الدفع عند الكتف (الم)

$$H_a = \Pr - (\Pr - H_0) \cos \phi \tag{6-5}$$

العزم عند الكتف (Ma)

$$M_a = r \left( \Pr - H_0 \right) \left\{ \frac{\sin \phi}{\phi} - \cos \phi \right\}$$
 (6-6)

r = نصف القطر عند محور القوس

P = الضغط الشعاعي الكلي عند محور القوس

t = سمك القوس الأفقى

 $\phi$  = الزاوية بين التاج (Crown) والكتف (Abutment) بالتقدير الدائرى

وإذا تم إهمال القص فإن (D) يمكن حسابها من المعادلة (٧-٦)

$$D = (1 + \frac{t^2}{12r^2})\phi \left(\phi + \frac{\sin 2\phi}{2}\right) - 2\sin^2\phi$$
 (6-7)

وإذا أخذ القص في الإعتبار فإن (D) سوف تستبدل بـ  $(D_s)$  وتحسب من المعادلة  $(\Lambda-1)$ 

$$D_s = (1 + \frac{t^2}{12 r^2}) \phi \left(\phi + \frac{\sin 2\phi}{2}\right) - 2\sin^2 \phi + 30\left(\frac{t^2}{12 r^2}\right) \phi \left(\phi - \frac{\sin 2\phi}{2}\right)$$
 (6-8)

وبعد حساب العزوم وقوة الدفع يمكن إيجاد الإجهادات على القوس الخارجي (Extrados) والداخلي (Extrados) والداخلي (Entrados) من المعادلة الآتية:

$$f = \left(\frac{H}{t}\right) \pm \left(\frac{6M}{t^2}\right) \tag{6-9}$$

وإذا أخذ في الإعتبار الأحمال الناتجة عن الحرارة مع إهمال القص فإن معادلات كين تأخذ الصور التالية:

$$H_0 = (\frac{2\phi \sin \phi}{D}) (\frac{E t^3 c T}{12 r^2})$$
 (6-10)

$$M_0 = H_0 r (1 - \frac{\sin \phi}{\phi})$$
 (6-11)

$$H_a = H_0 \cos \phi \tag{6-12}$$

$$M_a = H_0 r (1 - \cos \phi) - M_0$$
 (6-13)

حبث

E = معامل المرونة لمادة الخرسانة

c = معامل التمدد الحرارى للخرسانة

T = التغير في درجة الحرارة بين سطحي السد

# Radial Adjustment at Crown عند القمة ٢-٧-٥-٢

عند تحليل السد العقدى بتقسيم الأحمال الأفقية بين عناصر القوس والكابولى على أساس الضبط الإشعاعي للترخيم عند القمة سوف تستعمل صيغ الكابولى والقوس وتفترض هذه الطرق أن حمل المياه الجزئى على عناصر القوس ثابتة من الكتف إلى الكتف لذلك يمكن إستخدام معادلات كين مثل معادلات الترخيم لسمك ثابت العقود الدائرية ، مع بعض التعديلات البسيطة كما يلى:

$$WaterLoadDeflection \Delta = \frac{PR_u rc}{Et}$$
 (6-14)

حيث

 $\Delta$  = الترخيم الناتج عن حمل المياه

P = الضغط الإشعاعي العادي عند القوس الخارجي

نصف قطر القوس الخارجي  $R_u$ 

 $\phi$ , t, r علم علم = C

Temperature Deflection  $\Delta_t = c r TC$ 

(6-15)

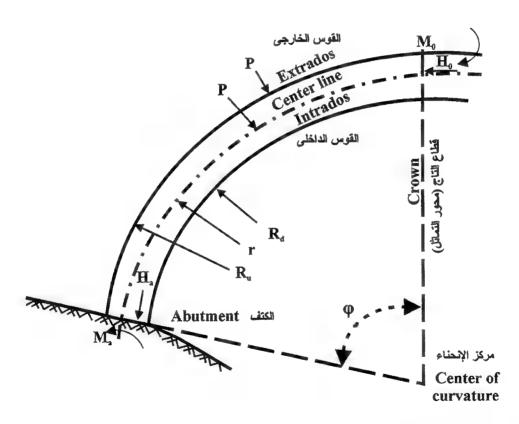
وإذا أهمل القص فيمكن حساب (C) من المعادلة (٦-٦)

$$C = \frac{(\phi - \sin \phi)(1 - \cos \phi)}{[\phi + (\sin 2\phi / 2)] - [(1 - \cos 2\phi) / \phi (1 + t^2 / 12 r^2)]}$$
(6-16)

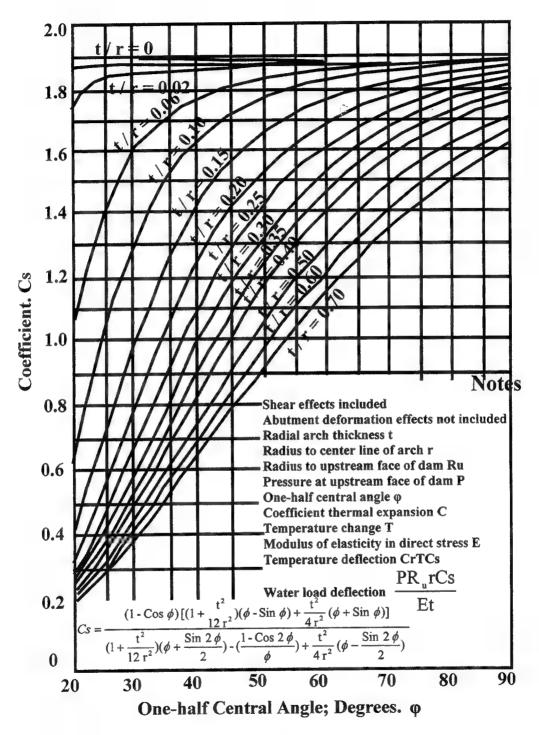
وإذا أخذ القص في الإعتبار فيمكن إستبدال  $(C_s)$  ب  $(C_s)$  ويمكن إيجادها من الشكل (T - - T) الذي يعطى قيم  $C_s$  كدالة في (t/r) , (t/r)

## ٦-٥-٨ التحليل الإنشائي المتقدم

تم توضيح عيوب التحليل المرن للعقود الرفيعة وأهمية دراسة الفعل المشترك لتأثير العقد والكابولى وكذلك تأثير الأكتاف على العقد ولقد تم تطوير برامج للحاسب الآلى لتحليل السدود العقدية في الأبعاد الثلاثة بإستخدام طريقة تحليل العناصر المحددة Finite element analysis والطريقة على دقتها تحتاج لخبرة خاصة في التطبيق.



شکل (۱۹-۹) سد عقدی دائری ذو سمك ثابت



شكل (٢٠-٦) هيم المعامل  $C_s$  لإدخال تأثير القص في معادلات الترخيم (٢٠-٦)  $R_s$  (٢٠-٦) شكل

## ٦-٦ المراجع

- 1. El-Kaleb, M.H., "Irrigation Design II: Locks and Dams: Class Notes, Cairo University, Faculty of Engineering, Giza, Egypt, (1974).
- 2. GolzGe, A.R., "Handbook of Dam Engineering", John Wiley and Sons, New York, U.S.A, (1977).
- 3. Jansen, R.B. (Editor), "Advanced Dam Engineering for Design, construction and Rehabilitation". Chapman and Hall, London, UK, (1990).
- 4. Novak P., Moffat A., Nallurie C. and R. Narazanan, "Hydraulic Structures", Second edition, E&FN spon, London, UK, (1996).
- 5. Roberson, J.A., Cassidy, J.J. and M.H. Chaudhry, "Hydraulic Engineering", Second edition, John Wiley & Sonc. Inc. NewYork, U.S.A, (1972).
- 6. Singh, B. and R.S. Varshney, "Engineering for Embankment Dams", Ashgate Publishing Company, New Delhi, India, (1995).
- 7. United States Bureau of Reclamation, "Design of Small Dams", Second edition U.S. Government Printing Office, Washington D.C., USA, (1977).
- 8. Vischer, D.L. and W.H. Hager, "Dam Hydraulics", John Wiley and Sons, New York, U.S.A, (1998).
- 9. Zeidlev, R.B. (Editor),"Design of Earth Dams", Balkema, Rotterdam, the Netherlands, (1992).
- 10. Zipparro, V.J. and H. Hasen (Editor), "Davis Handbook of Applied Hydraulics", McGraw Hill Book company, New York, U.S.A, (1992).

## الباب السابع الأهوسة الملاحية Navigation Locks

#### ٧-١ عام

الغرض الأساسى من الهويس هو إمكانية رفع الوحدات الملاحية داخل حوضه من منسوب المياه المنخفض (الخلف) إلى منسوب المياه المرتفع (الأمام) والعكس وذلك عندما تعترض القناطر والسدود المجارى المائية مسببة إختلاف مناسيب المياه أمام وخلف هذه المنشآت (فرق التوازن). وتحتاج الأهوسة الملاحية إلى أبحاث ودر اسات هيدروليكية مكثفة التأكد من سلامة تصميمها وكفاءة تشغيلها. وقد تتطلب هذه الأبحاث در اسات على نماذج طبيعية مصغرة حينما لا تعطى الطرق الرياضية نتائج كافية تؤكد سلامة التصميم الهيدروليكي. وجدير بالذكر أن الأهوسة الكبيرة التي تتعرض لفرق توازن مائي كبير (أكبر من ٣ متر) تتطلب طرقا لملء وتفريغ حوضها كافية لإتمامها في أسرع وقت مناسب دون أن تتعرض الوحدات الملاحية داخل حوض الهويس إلى ضغوط وإهتزازات مدمرة نتيجة للدوامات الدائرية والتيارات العكسية أثناء عملية الملء أو التفريغ.

## ٧-٧ مواقع إنشاء الأهوسة

يجب أن تتوفر المتطلبات التالية لموقع الهويس بالنسبة للمجرى المائي

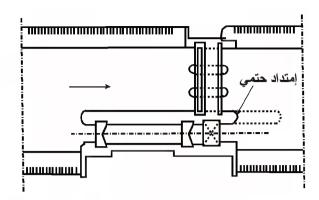
- 1- يجب أن يكون هناك عمق كاف من المياه بالمجرى لكى تتحرك الوحدات الملاحية دون عائق عند أكبر غاطس لها.
- ٢- عرض كافى من المياه لمناورات (Manoevering) الوحدات بالمجرى أثناء السرعات المختلفة
  - ٣- أن يكون الموقع بعيدا عن التيارات المائية الخطرة.
  - ٤- يراعى في الموقع وصول الوحدات إليه في أقل وقت ممكن.

## ٧-٣ تحديد موقع الكوبرى بالنسبة للهويس

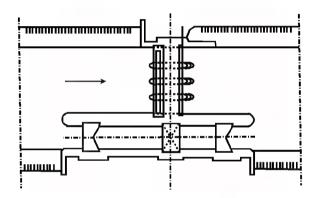
نظرا لأن معظم الأهوسة في مصر توضع ملاصقة للقناطر على أحد جانبيها أي في مجرى مائي واحد (هويس غير متماثل) • فإن الأوضاع المختلفة لحوض الهويس بالنسبة للطريق فوق القناطر تتوقف على الكثافة المرورية فوق طريق القناطر وبالتبعية فوق كوبرى الهويس المتحرك. ولكل وضع من أوضاع حوض الهويس بالنسبة لمحور القناطر ظروفه الخاصة والدواعي التي ميزت إختياره حيث يجب أن يكون محور الكوبرى المتحرك فوق الهويس على إمتداد محور طريق القناطر. ولموقع هذه الكبارى بالنسبة لحوض الهويس أهمية إقتصاديا وفنيا • ويراعي عند الإختيار كثافة المرور البرى والنهرى وأيهما أهم.

## ٧-٣-١ حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر

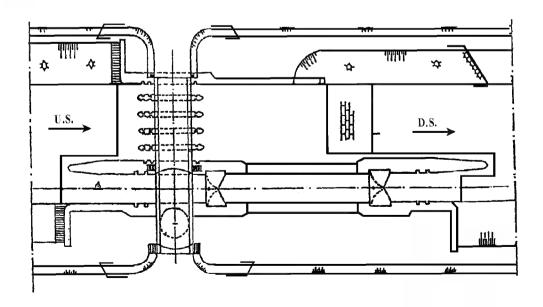
فى هذه الحالة يكون الكوبرى خلف البوابة الخلفية للهويس (شكل ٧-١). ويفضل هذا الوضع عندما يكون المرور البرى كثيفا ومستمرا وذا أهمية عن المرور الملاحي. ويلزم فى هذه الحالة إطالة حائط الهويس الموجهة (Guide Pier) من الخلف لحماية الوحدات من التيار الشديد الخارج من فتحات القناطر. ويجب الإلتفات إلى أن وقوع حائطى الهويس بكامل طولهما أمام القناطر عند منطقة تقل عندها السرعات وتكون المياه راكدة لحد ما يساعد على الترسيب داخل حوض الهويس.

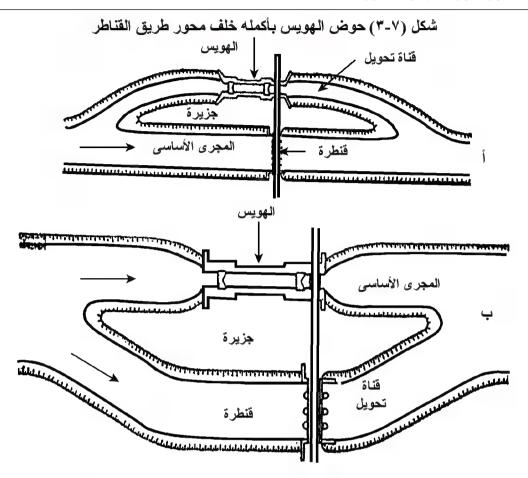


شكل (٧-١) حوض الهويس بأكمله أمام محور طريق القناطر



شكل (٧-٢) جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه





شكل (٧-٤) هويس متماثل على قناة تحويل

## ٧-٣-٧ جزء من حوض الهويس أمام محور طريق القناطر والجزء الأخر خلفه

إذا وضع حوض الهويس جزئيا بالنسبة لمحور طريق القناطر كما في شكل (٢-٢) فإن حركة المرور البرى فوق كوبرى الهويس تقف تماما طوال مدة التشغيل لمرور وحدة ملاحية. ولا مانع من اللجوء إلى هذا الوضع إذا ما كان المرور الملاحى أهم من المرور البرى.

## ٧-٣-٣ حوض الهويس بأكمله خلف محور طريق القناطر

فى هذه الحالة يكون الكوبرى المتحرك فوق حوض الهويس أمام البوابة الأمامية للهويس كما فى الشكل ( ٧-٣) ويلاحظ هنا أن شدة تيار الماء المتجه إلى الفتحات يعرض الوحدات الملاحية للخطر أتناء دخولها أو خروجها إلى ومن الهويس. ويتطلب الأمر إطالة حتمية لحائط دليل الهويس من ناحية الأمام بالطول الكافى لتفادى هذا الخطر. ولا يتم اللجوء إلى هذا الوضع إلا إذا كان المرور البرى فوق القناطر أكثر أهمية من المرور الملاحى.

ويراعى عند الإختيار بين الحالات الثلاثة لموقع حوض الهويس المذكورة في البنود ٧-٣-١، ٧-٣-٢، ٧-٣-٣ التكلفة الإقتصادية وأهمية المرور سواء كان ملاحيا أو بريا.

وترجح الخبرة العملية الطويلة في هذا المجال وضع محور الكوبرى فوق حوض الهويس عند الثلث الخلفي بحيث لا يضطر لفتح الكوبري أثناء تشغيل الهويس إلا إذا كانت الوحدة الملاحية المارة طويلة جدا

أو إذا تواجد العديد من الوحدات داخل حوض الهويس في وقت واحد وذلك إستثناء على أن ثلث طول الحوض يمكن إستخدامه في معظم الحالات دون عوائق تذكر أو تعطيل المرور لمدد طويلة.

## ٧-٤ الأشكال والأوضاع المختلفة للأهوسة

## ٧-٤-١ الهويس المتماثل على قناة تحويل

فى هذه الحالة يوضع الهويس بمجرى مائى مستقل (تحويلة) عن المجرى الرئيسى للمنشأ الأساسى كما هو موضح بالشكل (٧-٤) أ ، ب.

## ٧-٤-٧ الهويس غير المتماثل بجوار القناطر أو الهدار أو السد

يوضع الهويس في هذه الحالة ملاصقا للمنشأ الأساسي (قناطر « سد « هدار » ......) في نفس المجرى وبذلك يعتبر المنشأ الأساسي والهويس وحدة إنشائية واحدة كما هو موضح بالشكل (٧-٥).

## ٧-٥ الإختيار المناسب لأبعاد حوض الهويس

#### ٧-٥-١ طول الهويس

يراعى عند إختيار طول الهويس أن يسمح هذا الطول بمرور أكبر الوحدات طولا وكذلك الجرار الذى يستخدم فى سحب الوحدات (الصنادل). وفى المجارى المائية الكبيرة مثل نهر النيل يؤخذ الطول ليسمح بمرور وحدتين سياحيتين. وتستخدم المعادلة التالية فى تحديد طول الهويس:

$$(1-Y) \qquad \qquad 1,10 \times [(1+1)] \times \Delta + 0 \quad \qquad 0 = 0$$

حبث

ل = الطول الكلى لحوض الهويس

ل = طول الجرار

ن = عدد الصنادل المسحوبة

ل ص = طول الصندل

 $\Delta$  ل = المسافة بين الصنادل وبعضها وتؤخذ عادة  $\gamma$  متر  $\Delta$ 

## ٧-٥-٢ عرض الهويس

يجب أن يسمح عرض الهويس بمرور قافلة الوحدات الملاحية دون عمل مناورة داخل حوض الهويس. ويمكن إستخدام المعادلة التالية لتحديد عرض الهويس

حىث

ع = العرض الكلى للهويس

م = عدد الصفوف

ع ص = عرض الوحدة أو الصندل

 $\dot{\Delta}$  ع = خلوص أمان بين حائطي الهويس والوحدات العابرة ويؤخذ عادة من  $^{\circ}$  ، و المتر

وتبعا للخبرات العالمية فإن الخلوص المطلوب لمرور الوحدات بالهويس يكون طبقا لما هو موضح بالشكل (٧-٦) حيث :

متر للترع والرياحات متر للأنهار ومن ٠٠٤٠ الي ٩٠٥٠ متر للترع والرياحات

متر للأنهار والترع والرياحات  $a, \dots, b + c$ 

ا متر للترع والرياحات 0,00 الحرب المتر المترع والرياحات 0,00 المترع والرياحات المترع والرياحات

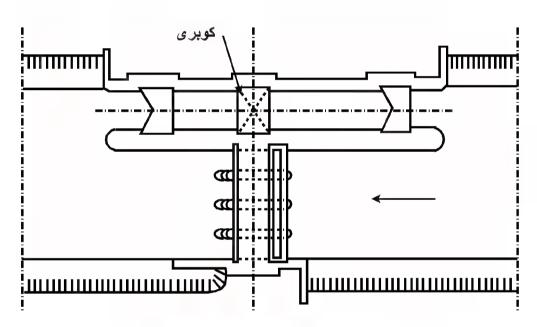
m = لا تقل عن ٢,٥٠ متر في الأمام أما في الخلف فيجب تحديدها بحساب الإجهادات الناتجة عن ضغط البو ابات أثناء التشغيل

K = تتوقف على حجم البوابة وتفاصيلها

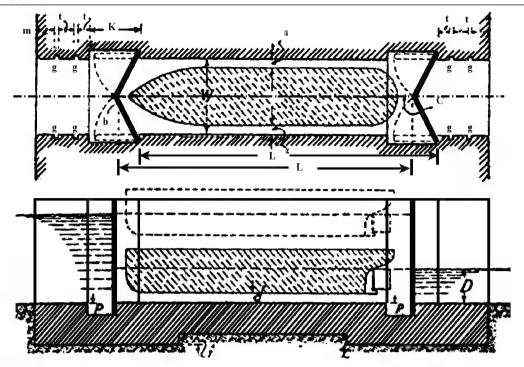
تتر او ح ما بين ١,٥٠ إلى ٢,٠٠ متر t

و ۴۰٫۴۰ x ،۳۰۰ أو x ،۳۰۰ أو x ،۳۰۰ متر

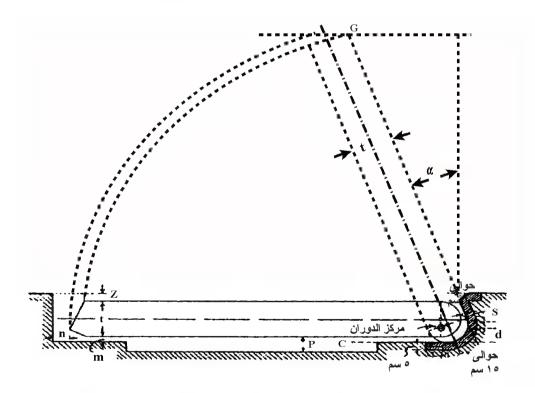
p + ۹۰,۰ متر



شكل (٧-٥) هويس غير متماثل بجوار القناطر



شكل (٧-٦) الخلوص المطلوب لمرور الوحدات بالهويس



شكل (٧-٧) الخلوص بين أجزاء بوابة الهويس والمبانى بجوارها

#### ٧-٥-٣ إرتفاع حوائط الهويس

تؤخذ المسافة الحرة (Free Board) بين منسوب سطح حائطى الهويس وأعلى منسوب للمياه بحوض الهويس (منسوب الأمام الأقصى) ١,٠٠٠ متر كحد أدنى علما بأن منسوب أعلى الحائط الموجه Guide) (Wall بالخلف يتوقف عادة على در اسة مناسيب خلف القناطر ومدى تذبذبها.

وللحصول على سهولة تشغيل بوابة الهويس فإن الخلوص بين أجزاء البوابة الحديدية والمبانى بجوارها يكون حسب الشكل (٧-٧) حيث:

$$n=k$$
 تقل عن ٢٥ سم  $m=$  من ٢ إلى ٥ سم  $p=$  من ٢ إلى ٢٠ سم  $p=$  من ٢ اللي ٢٠ سم  $p=$  تؤخذ عادة ٣ سم  $p=$  ١٢/١ عرض البوابة أو ٢٠/١ عرض الهويس  $p=$  من ١٠ إلى ١٥ سم

ويمكن حساب طول البوابة كما هو موضح بالشكل  $(V-\Lambda)$  وبإستخدام المعادلة التالية :

$$L = \frac{\left(\frac{W}{2}\right) + z + m + \frac{t}{2}}{\cos \alpha} + \frac{t}{2} + S \operatorname{Tan} \alpha \tag{7-3}$$

£112

w = aرض الهويس وباقى العوامل موضحة بالشكل (٨-٧).

## ٧-٥-٤ مواصفات وأبعاد الوحدات النهرية وتحديد عمق الغاطس

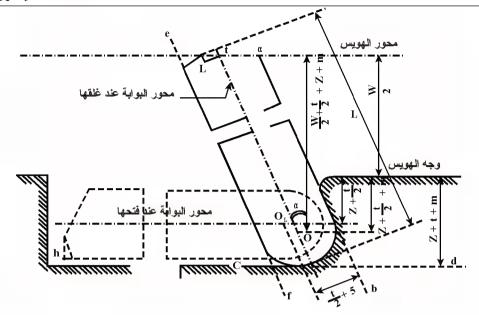
يجب عمل در اسة تفصيلية عند تحديد أبعاد الهويس بحيث تتناسب وحجم الوحدات الملاحية حيث أن أى تهاون في ذلك سيقلل من كفاءة الهويس ويتسبب في إهدار كمية من المياه خلف الهويس دون فائدة.

ويمكن الإسترشاد بالمقاسات التالية للوحدات الملاحية السائدة في نهر النيل وفروعه:

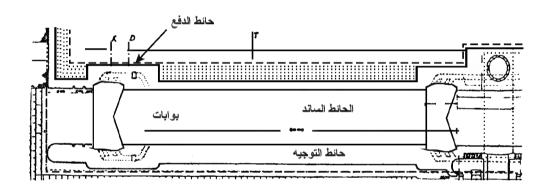
- أسطول النقل بطول ٥٠ متر وعرض ٧٫٥ متر.
- أسطول نقل الفوسفات بطول ٤٢ متر وعرض ٧,٥ متر.
- المراكب السياحية والفنادق العائمة بطول ٧٠ متر تقريبا وعرض حوالي ١٢ متر.
- ويجب ألا يقل عمق المياه داخل الهويس في جميع الأحوال عن ٣ متر ليقابل هذا العمق أقصى غاطس ملاحي وقيمته ١,٨٠ متر تقريبا.

وبتجديد عمق المياه داخل الهويس يمكن إستنتاج منسوب السطح العلوى لفرش الهويس والعلاقات التالية علاقات التالية علاقات إسترشادية للإستنتاج التقريبي لطول وعرض الهويس وعمق المياه به:

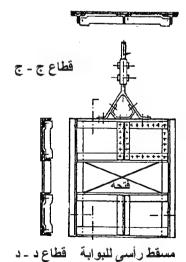
الطول = 1, ۲۰  $_{\rm X}$  الطول التصميمي للوحدات الملاحية العرض = 1, ۱۰  $_{\rm X}$  العرض التصميمي للوحدات الملاحية عمق المياه = 1, ۲۰  $_{\rm X}$  أقصى غاطس

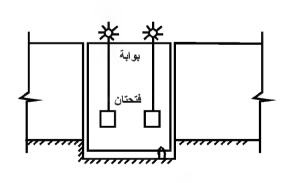


شكل (٧-٨) حساب طول بوابة الهويس



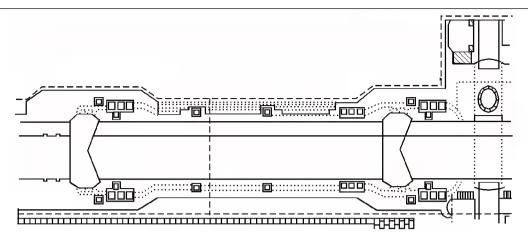
## (أ) برابخ جانبية منفصلة في حوائط الهويس





(ب) تفاصيل الفتحات في بوابات الهويس

شكل (٧-٩) الطريقة المباشرة لملء وتفريغ الهويس



شكل (٧-١) تفاصيل البرابخ المستمرة بحائطي حوض الهويس

## ٧-٦ ملء وتفريغ الهويس والزمن اللازم للتشغيل

#### ٧-٦-١ عام

من الضروري تزويد الأهوسة بطرق ملء وتفريغ مناسبة لدخول المياه إليها وخروجها منها بالجاذبية (by Gravity) أثناء عملية تشغيل الهويس.

ويجب إعتبار المتطلبات العامة التالية عند تصميم طرق الملء والتفريغ للأهوسة:

١- يجب أن تتم كل من عمليتي الملء والتفريغ بأقصى سرعة مسموح بها.

٢- منع الإضطرابات الناتجة من التيار المائي أثناء التشغيل حتى لا تؤثر على الوحدات الملاحية داخل حوض الهويس أو في منطقة الإقتراب.

٣- يجب أن تكون عمليتا الملء والتفريغ إقتصاديتين في التنفيذ والتشغيل.

ويجب التوفيق بين سرعة ملء وتفريغ الهويس المرغوب فيها والقوى الناتجة عن ذلك والمؤثرة على الموحدات الملاحية داخل الحوض والتى يجب ألا تزيد عن الحد المسموح به والذى لا يسبب الضرر لهذه الوحدات أو تلف حائطى الهويس.

ويمكن إستخدام المعادلة العملية التالية والتي إستنتجها العالم الروسي B. D. Katchnovesky لتحديد قيمة القوى المؤثرة على الوحدات الملاحية:

$$S = \frac{1}{35} \,\mathrm{W}^{3/5} \tag{7-4}$$

حيث

s = || B|| = || B|

#### ٧-٦-٢ الطرق المختلفة لملء وتفريغ الهويس

هناك طريقتان أساسيتان لملء وتفريغ الأهوسة:

## أ- الطريقة المباشرة End System

وهى إما عن طريق برابخ قصيرة بنهايتى الحوض وعلى جانبيه أو عن طريق فتحات ببوابات الهويس الأمامية والخلفية (شكل ٧-٩ أ، ب). وهذه الطريقة إقتصادية وبسيطة وتستخدم في الأهوسة الصغيرة وعندما يكون الضاغط المائي أقل من ٢,٥ متر.

## ب- طريقة إستخدام البرابخ الطولية بحائطي حوض الهويس

وهي عبارة عن برابخ طولية على جانبي الحوض بطول حائطيه يتفرع منها برابخ فرعية تؤدى إلى حوض الهويس كما بالشكل (٧-١٠). وتستعمل هذه الطريقة في الأهوسة الكبيرة وعندما يزيد الضاغط المائي عليها عن ٢,٥ متر. وتعطى هذه الطريقة توزيعا أفضل للمياه داخل حوض الهويس. وللحصول على تيار منتظم داخل الحوض يراعي أن يكون مجموع مساحة الفتحات الجانبية أكبر من مساحة البربخ الرئيسي بحوالي ٣٠ إلى ٥٠ %.

و أحيانا ما تمتد الفتحات الجانبية حتى الحائط الموجه لمزيد من إنتظام التيار ات داخل حوض الهويس كما هو موضح بالشكل (٧-١١). كما وأنه يمكن أن تتفرع فتحات جانبيه ثانوية صغيرة من مسار الفتحات الجانبية الرئيسية لكى تنتشر المياه بدون حدوث دوامات أو تيار ات عكسية كما بالشكل (٧-١٢).

#### ٧-٦-٣ الزمن الآمن لملء وتفريغ حوض الهويس

الزمن المطلوب لعملية الملء أو التفريغ يتوقف على مساحة القطاع المائى للبر ابخ و الفتحات بالبو ابات. وبإفتر اض أن المساحة الأولى  $a_1 = a_1$  و المساحة الثانية  $a_2 = a_2$  على التو الى ، وبفرض أن فرق التو ازن بين الأمام و الخلف هو  $a_1$  (ثانية) يمكن أن يحسب من المعادلة التالية :

$$T = \frac{2 \text{ W L } \sqrt{h}}{\sqrt{2g} (u_1 a_1 + u_2 a_2)}$$
 (7-5)

حيث

 $\mathbf{w} = \mathbf{a}$ عرض حوض الهويس بالمتر

طول حوض الهويس بالمتر $\mathbf{L}$ 

 $\sim$  معامل التصر ف بالبر ابخ  $\simeq$   $\sim$ 

 $u_1 = u_2$  معامل التصرف من الفتحات  $u_2 = u_3 = u_3$  ويفضل أن يؤخذ مساويا  $u_3 = u_3$ 

ويمثل مجموع المساحات للفتحات بالبو ابات و البر ابخ نسبة من حاصل ضرب (w x L) أي مساحة سطح المياه بالهويس ، وتتر اوح هذه النسبة ما بين ١ : ٠٠٠ إلى ١ : ٢٥٠ .

و عادة ما تكون فتحات الملء والتفريغ ببوابات الهويس عبارة عن فتحتين طول كل منهما ٠٠٠٠ متر وعرضها ٠٤٤٠ متر .

#### ٧-٧ تصميم الهويس

#### ٧-٧-١ عام

يتكون الهويس من الأجزاء الرئيسية التالية:

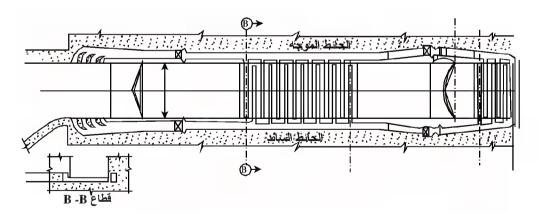
- أ- حوض الهويس وأرضيته.
- ب- الحوائط الجانبية (السائدة والموجهة)
  - ج- البوابات الأمامية والخلفية.
    - د- برابخ الملء والتفريغ.
- هـ- الكوبرى الحديدي فوق حوض الهويس.

وتتكون جو انب حوض الهويس إما من الميول الطبيعية الترابية للمجرى الملاحى ذات تكسية بالدبش ، أو من صفائح حديدية (شكل ٧-٣٠).

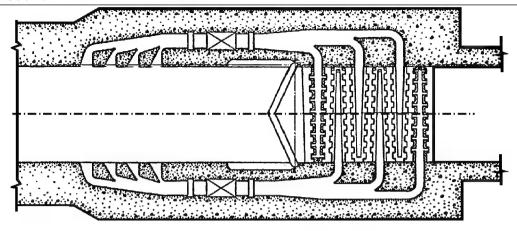
وفى حالة الأهوسة ذات الجوانب المتماثلة والتى يشغل فيها الهويس المجرى المائى الملاحى بأكمله مثل حالة تقاطع ترعة ملاحية مع مصرف ملاحى ، فتتطلب هذه الحالة هويسين متماثلى الجوانب وسحارة كما هو موضح بالشكل (٧-١٤).

أما في حالة الأهوسة غير المتماثلة والتي تنشأ بجوار الخزانات والهدارات في مجرى واحد وعلى أحد جانبيه ، فيطلق على حائط الهويس الساند للأتربة "الحائط الجانبي" (Side Wall) ويصمم على أنه حائط ساند ، ويطلق على الحائط الأخر "الحائط الموجه" (Guide Pier) كما في الشكل (٧-١٥).

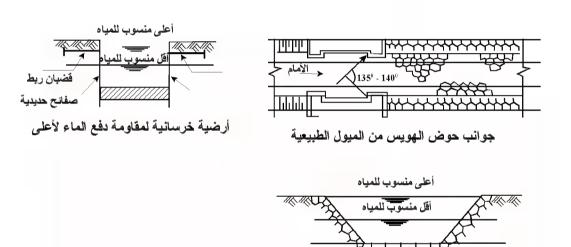
ومن الأفضل أن ينشأ هويس ملاحى واحد طالما أن فرق التوازن فى حدود 7 متر أما إذا زاد فرق التوازن عن ذلك فيحتاج الأمر إلى سلسلة من الأهوسة المتتابعة يوزع عليها فرق التوازن كما هو موضح بالشكل (٧-١٦). ويلاحظ فى هذه الأهوسة أن البوابات عبارة عن بوابة واحدة بعرض الهويس تنزلق داخل مجرى مستقل فى حالة الفتح التام.



شكل (٧-١) فتحات جانبية ممتدة حتى الحائط الموجه



شكل (٧-٢) الفتحات الثانوية الصغيرة من الفتحات الجانبية الرئيسية



شكل (٧-١٣) حوض الهويس

## ٧-٧-٢ حوض الهويس وأرضيته

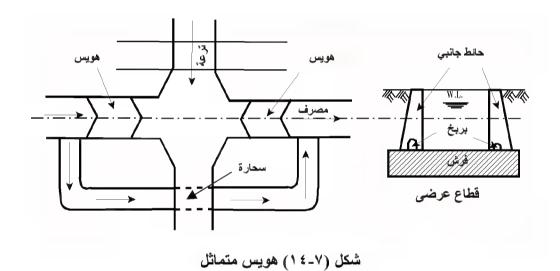
ميول جانبية ذات تكسية

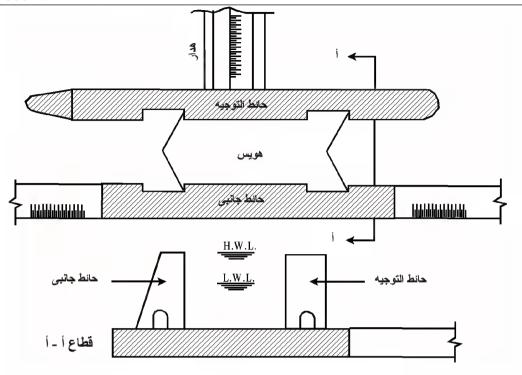
## ٧-٧-٢ حوض الهويس

لتحديد الأبعاد الداخلية لحوض الهويس يتم الرجوع إلى البند ٧-٥. وفيما يلى المقاسات الشائعة لحوض الهويس للمجارى المائية المختلفة بمصر كل على حسب درجته ملاحيا وكذلك عمق المياه اللازم للملاحة الأمنة.

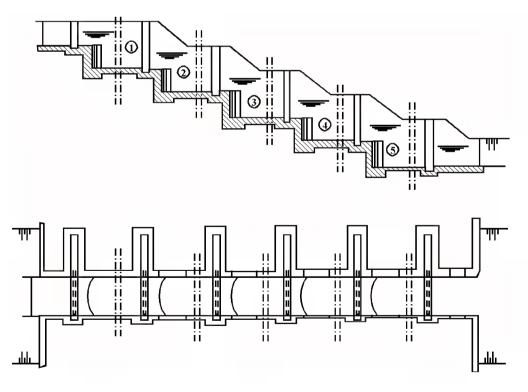
## مقاسات الأهوسة الشائعة بمصر

أقل عمق للمياه بالمتر	العرض بالمتر	الطول بالمتر	المجرى الملاحي
1,70	٦	70	للترع الصغيرة
1,0.	٨	٤٠	الترع المتوسطة
1,70	٩	00	للترع الكبيرة
٣,٠٠	١٢	00	للرياحات
٣,٥٠	١٦	٨٠	للنهر وفم الرياحات
٤, ٠ ٠	1 Y	10.	لخدمة الفنادق العائمة بالنيل





شكل (٧-٥١) هويس غير متماثل



شكل (٧-١٦) سلسلة أهوسة موزع عليها فرق التوازن

٧-٧-٢ الأنواع الأساسية لأرضية الهويس

هناك طريقتان أساسيتان يمكن إتباع إحداهما عند تصميم أرضية الهويس:

١- أن يكون لحائطي الهويس أساسات مستقلة عن الأرضية كما هو موضح بالشكل (٧-١١-أ).

٢- أن تعمل أرضية الهويس كأساس مشترك لحائطيه (شكل ٧-١٧- ب).

وفى الحالة الأولى تكون أساسات الحوائط إما من الأحجار أو الخرسانة بحيث تتحمل الضغط المائى بينما تعمل أرضية الحوض من التكسية الحجرية أو بلاطة خرسانية مستقلة بحيث لا تسمح بتخلخل الحبيبات الصغيرة للتربة التحتية مع مسار تسرب المياه تحت تأثير الضاغط المائى. لذلك يوضع صفان أو أكثر من الستائر الحديدية القاطعة للمياه على زوايا قائمة مع محور الهويس لزيادة طول مسار التسرب الناتج من الضاغط المائى بالأمام والخلف. وقد تستعمل هذه الستائر أيضا لزيادة قوة تحمل التربة أسفل أساسات الحوائط.

أما فى الحالة الثانية فيتم فرض سمك للأرضية ثم تجرى الحسابات والتحليلات لتحديد مدى ملاءمة هذا السمك للضغوط والعزوم. ويمكن الإستعانة بالمعادلة التقريبية التالية ليكون السمك المفروض أقرب ما يمكن للسمك المطلوب:

$$h = a \sqrt{d}$$
 (7-6)

حيث

h = السمك المفروض بالمتر

d = إرتفاع حائط الهويس فوق أرضيته بالمتر

وتتوقف قيمة المعامل (a) على عرض الهويس فيؤخذ ٧٠,٠ متر للأهوسة الصغيرة العرض ، ٠٨٠٠ متر للأهوسة متوسطة العرض ويؤخذ ٠,٩٠٠ متر للأهوسة كبيرة العرض.

وهناك معادلتان أخريان يمكن إستعمالهما أيضا للإستعانة في فرض السمك h لتضبيق الفرق بين السمك المطلوب

$$h = 0.55\sqrt{d} + \frac{d_1}{8} \tag{7-7}$$

~112

عمق المياه في حوض الهويس بالمتر $d_1$ 

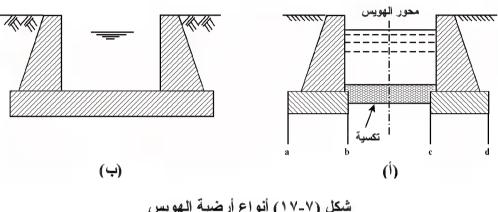
$$h = \frac{d}{2.7\sqrt{1 + 0.9\frac{d}{w}}}$$
 (7-8)

حىث

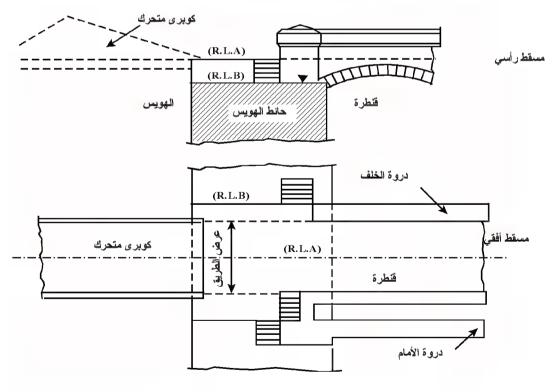
 $\mathbf{w} = \mathbf{a}$  عرض الهو بس بالمتر

## ٧-٧-٣ إرتفاع حائطي الهويس

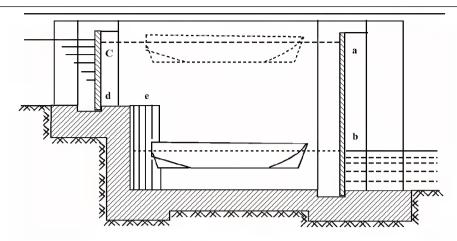
يجب أن يكون منسوب أعلى حائطي الهويس أكبر من أقصى منسوب للمياه بالأمام بما لا يقل عن ١٠٠ متر مع ملاحظة أنه يجب إحترام منسوب الطريق فوق القناطر عند تحديد إرتفاع حائطي الهويس لضمان المرور فوق كوبرى الهويس الذي غالبا ما يكون مرتكزا على الحوائط (شكل ٧-١٨). ولتقليل إرتفاع بوابات الهويس الأمامية cd ، فيمكن تعلية أرضية الهويس تحت تلك البوابات بالمسافة ef للإستفادة من الفرق في المناسيب بين دخول وخروج الوحدات للحوض (شكل ٧-١٩). وهذا الإجراء يستخدم عند تصميم بوابات الهويس الأمامية فقط بينما تبقى البوابات الخلفية معرضة لفرق المناسيب بين الأمام والخلف وتحتاج لعناية خاصة عند التصميم.



شكل (٧-٧) أنواع أرضية الهويس



شكل (٧-٨) إرتفاع حائطي الهويس



شكل (٧-١) تقليل إرتفاع بوابات الهويس

#### ٧-٧-٤ حائطا الهويس غير المتماثل

أما بالنسبة لحائط الدليل (Guide Pier) المجاور لفتحات القناطر فيكون إرتفاعه هو نفسه إرتفاع الحائط الساند للتربة إلا أن قاعدته يمكن أن تكون أقل في العرض إذا ما تم إنشاء بربخ الملء والتفريغ خارج الحائط.

## ٧-٧- إتزان الحائط السائد (Landing Wall)

## أ- حالة برابخ الملء والتفريغ خارج الحائط

يراعى فى هذه الحالة أن يتم التّأكد من إتزان الحائط مع الأخذ فى الإعتبار الوضع أثناء التشغيل وفيه يتعرض الحائط إلى ضغط المياه الأرضية (Ground Water) بينما المياه داخل حوض الهويس أقل ما يمكن أو أثناء الصيانة والإصلاح والذى يكون الهويس فيه خاليا من المياه.

## ب- حالة برابخ الملء والتفريغ بطول الحائط وداخله

ا - عندما تكون النسبة بين عرض البربخ إلى سمك الحائط من أسفل أقل من النصف أى  $\frac{b}{B}$  أقل من 0.00 (شكل 0.00 ) ، فتحسب الإجهادات على المساحة الصافية للسمك السفلى كقطاع واحد من المعادلة :

$$f = -\frac{N}{A} \pm \frac{My}{I} \tag{7-9}$$

حيث

(R) المركبة الرأسية لمحصلة القوى الواقعة على المتر الطولى من الحائط N

(B-b) x المساحة الصافية للقطاع = A

M =عزم الإنحناء الناتج عن لا محورية المركبة الرأسية N بالنسبة لمركز قطاع الحائط السفلى بالإضافة إلى عزوم الإنحناء الناتجة عن ضغوط الأتربة والمياه

$$(\frac{B^3 - b^3}{12}) = 3$$
وزم القصور الذاتي للقطاع الصافي = I

٢- عندما تكون النسبة  $\frac{b}{B}$  أكبر من ٠,٥٠ (شكل ٢٠-٢ - ب) فإن توزيع الإجهادات على القطاع الأفقى أسفل الحائط يتم حسابها بتقسيم القطاع إلى مقطعين منفصلين على جانبي البربخ ويقاوم كل مقطع القوى الواقعة عليه كما بالشكل (٢٠-٢ - ب).

#### ۷-۷-۳ إتزان حائط التوجيه (Guide Pier)

#### أ- حالة الهويس جاف للاصلاح

فى هذه الحالة تكون القوى المؤثّرة على الحائط مكونة من وزنها والضغط المائى الجانبى الخارجى شكل (٧-٢١ – أ). ويجعل محصلة القوى المؤثرة على الحائط تقع فى الثلث الأوسط لقطاع أسفل الحائط فإنه يمكن الحصول على العرض B لتحقيق الإتزان للحائط.

## ب- حالة الهويس أثناء التشغيل العادي

فى هذه الحالة تكون القوى المؤثرة على الحائط مكونه من وزنها وضغط المياه داخل الهويس (أقل منسوب خلفي) وضغط المياه خارج الهويس (أقصى منسوب أمامي) كما هو موضح بالشكل (٧-٢١ – ب). ويتم حساب  $\mathbf{B}$  كما فى الحالة (أ) السابقة ويؤخذ أكبر القيمتين المحسوبتين من الحالتين أ، ب لتكون هى البعد التصميمي  $\mathbf{B}$ .

# ٧-٧-٧ القوى المؤشرة على الجزء من حائط الهويس المعرض لضغوط البوابات (Thrust Wall)

يكون سمك هذا الجزء من الحائط أكبر قليلا من سمك أسفل باقى أجزاء الحائط بحوالى 0.0 متر. وطول الجزء الأمامى منه يتحدد بزاوية قدرها 0.2 بينما يتحدد طول الجزء الخلفى منه والمثبت فيه محور دور ان البوابات بزاوية قدرها 0.0 (شكل 0.0).

#### ويتعرض هذا الجزء إلى القوى التالية:

- ضغط الأتربة والمياه الجوفية في حالة الحائط الساند (Landing Wall) في الأهوسة المتماثلة وغير المتماثلة بالإضافة إلى وزن الحائط.
- ضغط المياه من كلا الجانبين في حالة الحائط الموجه (Guide Pier) في الأهوسة غير المتماثلة بالإضافة إلى وزن الحائط.
  - القوى الناتجة عن تثبيت البوابات ، وهناك حالتان مختلفتان:

أ- أثناء التشغيل (شكل ٧-٢٣) وتعد أحرج الحالات التي يمكن أخذها في الإعتبار وفيها يوصى بإهمال ضغط الأتربة خلف الحائط، إعتبار أقصى منسوب للمياه بالأمام ليعطى أكبر الضغوط على الحائط عندما تكون البوابات مغلقة، إعتبار أقل منسوب للمياه داخل حوض الهويس، إعتبار وزن البوابة وضغط المياه أسفلها، الشد والضغط الناتجين عن وزن البوابة وضغط المياه أسفلها ويمكن حسابهما كما يلى (شكل ٧-٣٣):

$$T = C = \frac{(G - U) a}{h}$$
 (7-10)

حيث

T = الشد الأفقى عند التثبيت العلوى للبواية

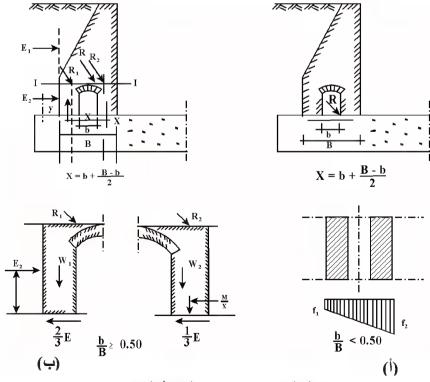
C = الضغط الأفقى عند المفصلة السفلية للبوابة

G = وزن البوابة

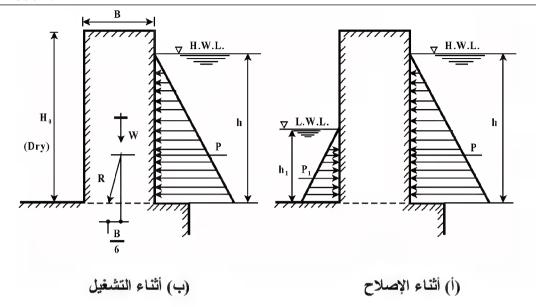
U = ضغط المياه أسفل البوابة لأعلى

ويلاحظ أن قيمة T تكون أقل ما يمكن عندما تكون البوابة مفتوحة وأكبر ما يمكن عندما تكون البوابة مغلقة

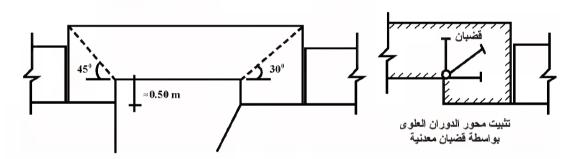
ب- أثناء الإصلاح أو الترميم (شكل ٧-٢٤) وفي هذه الحالة يكون حوض الهويس جافا والبوابات في وضع ينتج عنه أقصى عزوم تحدث إنقلابا لهذا الجزء من الحائط المثبت به البوابات Thrust) (Wall) تجاه الحوض من الداخل بالنسبة لوزنه.



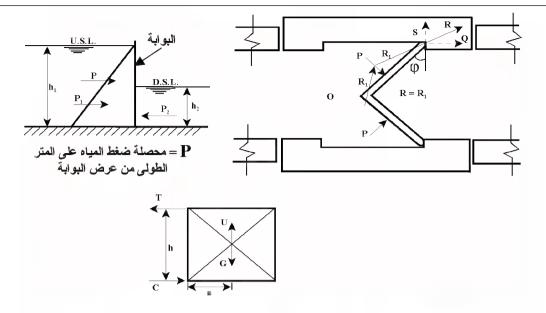
شكل (٧-٠٢) إتزان الحائط الساند



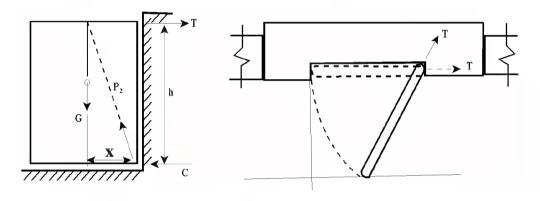
شكل (٧-٢١) إتزان حائط التوجيه



شكل (٧-٢٢) حائط تثبيت البوابات



شكل (٧-٣٦) القوى الناتجة من تثبيت البوابات (أثناء التشغيل)



شكل (٧-٤٢) القوى الناتجة من تثبيت البوابات (أثناء الإصلاح)

٧-٧- متحليل الضغوط المختلفة على أرضية الهويس القطاع الحرج الأرضية الهويس يقع عند محور الهويس.

## ٧-٧-١ حالات التحميل على أرضية الهويس المتماثل

أ- بعد الإنشاء مباشرة: الهويس جاف و لا يوجد ضغط مائى من أسفل إلى أعلى (Uplift) أو ضغط مائى من أسفل إلى أعلى (Uplift) أو ضغط مائى على الجانبين (شكل ٧-٢٥ – أ). وفي هذه الحالة يكون هناك إحتمال حدوث إجهادات شد على السطح العلوى للأرضية عند محور الحوض وقبل ردم الأتربة خلف الحوائط وعليه فيوصى بالردم خلف الحوائط تدريجيا أثناء بنائها وذلك لضمان أنه بمجرد الإنتهاء من بناء الحوائط يكون تأثير الأتربة خلفها نشطا وبذلك لا تتأثر أرضية الهويس بحدوث شروخ بالسطح العلوى نتيجة إجهادات الشد.

- ب- أثناء التشغيل (شكل ٧-٢٥ ب): ويتعرض الهويس في هذه الحالة إلى ضغط الأتربة خلف الحو ائط وكذلك ضغط المياه الأرضية (Ground Water) مع الأخذ في الإعتبار مناسيب المياه المختلفة داخل حوض الهويس.
- ج- أثناء الإصلاح (شكل ٧-٢٥ ج): وفي هذه الحالة يكون حوض الهويس جافا مع تواجد ضغط الأتربة خلف الحوائط وكذلك أقصى منسوب للمياه الأرضية.

وعموما فإن القوى المؤثرة على أرضية الهويس المتماثل هي تلك القوى الموضحة بالشكل (٧-٢٦) حبث:

وزن الحائط و الأتربة فوقه  $G_2$ 

S = محصلة ضغط الأتربة

O = محصلة ضغط المياه الأرضية

T=قوى الإحتكاك

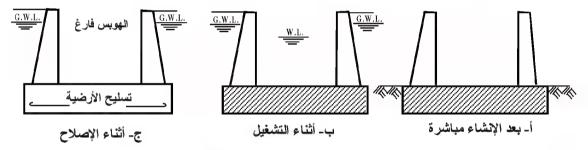
وزن أرضية الهويس  $G_3$ 

صغط المياه داخل حوض الهويس على الحائط  $Q_1$ 

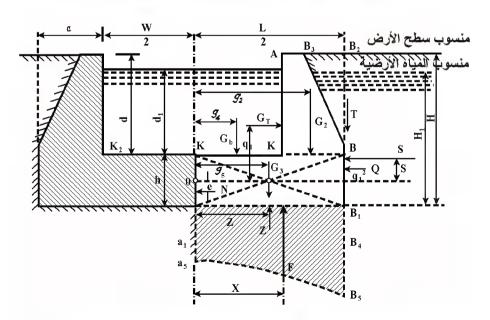
وزن المياه داخل حوض الهويس $\mathbf{Q}_4$ 

(Uplift) ضغط المياه العلوى أسفل الأرضية Z

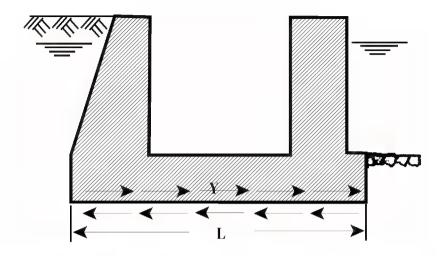
F = رد الفعل العلوى للأتربة أسفل الأرضية



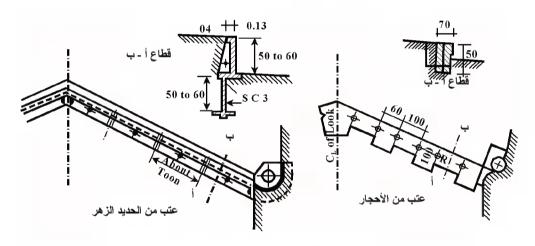
شكل (٧-٧) حالات التحميل على أرضية الهويس المتماثل



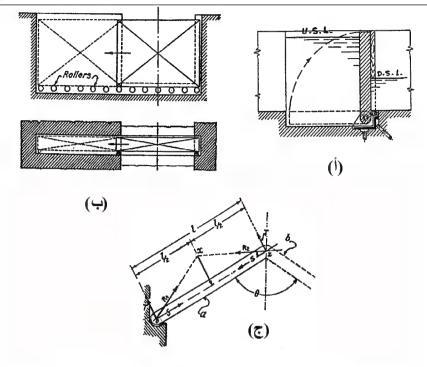
شكل (٧-٢٦) القوى المؤثرة على أرضية الهويس المتماثل



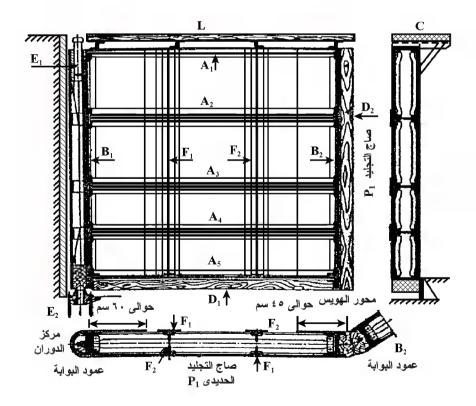
شكل (٧-٧) قوى الإحتكاك الأفقية المؤثرة على أرضية الهويس غير المتماثل



شكل (٧-٨٢) عتب أسفل البوابات



شكل (٧- ٢٩) أنواع بوابات الهويس



شكل (٧-٧) مكونات البوابة المروحية للهويس

#### ٧-٧-٨ أرضية الهويس غير المتماثل

هناك قوى أخرى يجب إضافتها فى هذه الحالة إلى القوى المذكورة فى البند (V-V-1-1) من أهمها قوى الإحتكاك بين السطح السفلى لأرضية الهويس و التربة أسفلها لتكافئ الفرق بين القوى الأفقية الناتج من عدم التماثل (شكل V-V). وللأغراض الحسابية يمكن إفتراض أن قوى الإحتكاك موزعة بإنتظام على عرض الهويس (L).

## ٧-٧-٨ العتب المشطوف من الأحجار المنحوتة أو الحديد الزهر

يجب أن تكون أرضية الهويس عند الجزء الذى تتحرك فيه البوابات (Gate Recess) أوطى من أرضية باقى الحوض وذلك لتوفير عتب (Sill) لترتكز عليه الكمرة المعدنية السفلية للبوابة عندما تكون مغلقة. وعادة ما يتراوح إرتفاع هذا العتب بين ٠,٤٠ - ٠,٠٠ متر ويتوقف هذا الإرتفاع على حجم الهويس. والشكل (٢٨-٧) يوضح كلا من العتب الحديد الزهر والعتب من الحجر المنحوت الشائع إستعمالهما.

## ٧-٧-٨ أرضية الهويس من الخرسانة المسلحة

أحيانا ما تنفذ أرضية الهويس من الخرسانة المسلحة وخاصة في الأهوسة ذات العرض الكبير بغية الإقلال من سمك الأرضية المطلوب في حالة عدم تسليحها وكذلك لمقاومة إجهادات الشد على الأرضية. وفي هذه الحالة إما أن تبنى الحوائط الجانبية من الخرسانة العادية أو من الخرسانة المسلحة.

## ٧-٨ تصميم البوابات المروحية اللازمة لفتح وقفل حوض الهويس

#### ٧\_٨\_١ عام

توجد أنواع متعددة لبوابات الهويس تختلف حسب طرق تشغيلها ، ومن هذه الأنواع:

- ١- البوابات الهابطة (Falling Gates) شكل (٢٩-٧).
- ٢- البوابات المنزلقة (Rolling Gates) شكل (٢٩-٧).
- "- البوابات المروحية ذات الضلفتين (Double-Leaf Mitring Swing Gates) شكل (٢٩-٧).

## ٧-٨-٢ العناصر الأساسية لمكونات البوابة المروحية

العناصر الأساسية لمكونات البوابة الحديدية الشائع إستعمالها في الأهوسة ذات المقاسات النمطية هي كما هو مبين بالشكل (٧-٣٠) وبيانها التالي:

- ١- صاج التجليد الحديدي P<sub>1</sub> ويفضل تثبيته بالجهة الأمامية للبوابة.
- $^{-}$  الكمرات الرئيسية (Main Girders)  $^{-}$   $^{$
- $^{-}$  عمود البوابة القريب من مركز الدور ان  $^{-}$  (Heel Post)  $^{-}$  وعمود البوابة عند التقائها بالأخرى  $^{-}$  (Mitre Post)  $^{-}$  ويحمل عمود الإلتقاء لكل بوابة مخدة خشبية رأسية  $^{-}$  على أن تتلامس المخدتان الخشبيتان الرأسيتان تماما عندما تغلق البوابتان وذلك لإمتصاص تأثير دفع الإلتقاء عند الإغلاق وتوزيع الضغوط من بوابة على الأخرى بالتساوى ولمنع تسرب المياه بين

البوابتين عند سطح التلامس. ويجب أن تثبت الكمرات الأفقية تثبيتا جيدا بالأعمدة الرأسية لنقل القوى المؤثرة على الدعامات إلى تلك الأعمدة. كما يجب أن تقوى البوابة بشدادات F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> (Counterbraces).

 $E_1$ ,  $E_2$  و أجزاء الدوران الدائرية والتى تكون مع بعضها  $E_1$ ,  $E_2$  و أجزاء الدوران الدائرية والتى تكون مع بعضها إرتكازا لمحورى الدوران.

#### ٧-٨-٣ تصميم صاج التجليد الحديدي

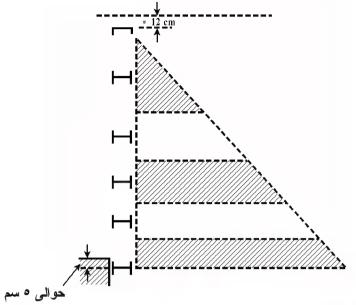
يغطى صباح التجليد الجانب الأمامى من البوابة بأكمله وعند إقتر ابه من عمود الدوران يلف حوله ليغطى جزءا من الخلف بطول حوالى  $\cdot$  7 سم (شكل  $\cdot$  -  $\cdot$  7). والسمك القياسى للصباح المستخدم فى البوابات النمطية حوالى  $\cdot$  4, 0 سم على أن يراعى ألا يقل هذا السمك عن  $\cdot$  1 سم فى الجزء السفلى من البوابة التى يزيد إرتفاعها عن  $\cdot$  متر. ويجب أن تراجع هذه المقاسات عن طريق الحسابات التصميمية. ومن الناحية العملية فيجب تجليد الوجه الخلفى للبوابة عند عمود التقائها بالبوابة الأخرى بشريحة رأسية عرضها حوالى  $\cdot$  2,000 سم (شكل  $\cdot$  -  $\cdot$  7).

## ٧-٨-٤ تصميم الكمرات الأفقية

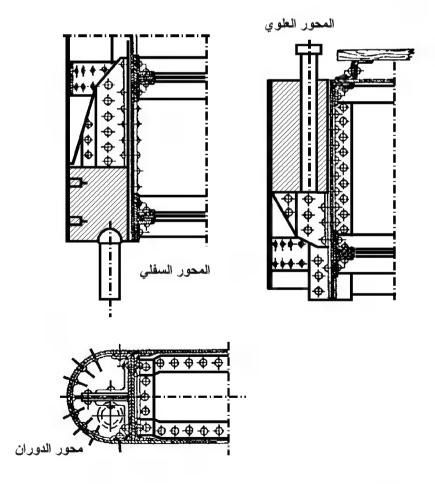
تصمم الكمرات الأفقية من قطاع حديدى مركب عبارة عن عصب (Web) بسمك ١ سم وأربعة زوايا بقطاع ٧٥ x ٧٥ x ٧٥ وذلك لبوابات الأهوسة النمطية. ويتراوح عمق الكمرات ما بين ١٠٢١ إلى ١٠٤١ من طولها. ويجب تحقيق هذه المقاسات الإسترشادية بعمل الحسابات التصميمية بحيث تقاوم الإجهادات الواقعة على هذه الكمرات مع مراعاة أن توضع الكمرات على مسافات بحيث تتساوى الضغوط على كل منها على ألا تزيد المسافة بين كل كمرة وأخرى عن ١٠٢ متر. وفي حالة البوابات المزودة بفتحات للمساعدة في ملء وتفريغ حوض الهويس يجب أن تكون المسافات بين الثلاث كمرات السفلية في حدود ٢٠,٠ - ٧٠، متر ثم يتم تحديد مواقع الكمرات الأخرى بحيث تزداد المسافة بين كل كمرة وأخرى بالتدريج في الإتجاه من أسفل إلى أعلى (شكل ٧-٣١). وبعد تحديد أماكن الكمرات الافقية يتم حساب الضغط الواقع على كل كمرة من دياجرام الضغط الهيدر وستاتيكي ومنه الكمرات الافقية يتم حساب الضغط الوقع على كل كمرة من دياجرام الضغط الهيدروستاتيكي ومنه الإنشاءات. وليس من الضرورى أن تكون قطاعات الكمرات واحدة إلا أنه يجب ألا يستعمل أكثر من قطاعين مختلفين لجميع الكمرات ويوصى عند التصميم بإهمال ضغط المياه على البوابة من الخلف مع الأخذ في الإعتبار أقصى ضغط للمياه بالأمام وذلك لمزيد من الأمان في التصميم.

## ٧-٨-٥ تصميم عمودى الدوران والإلتقاء

يوضح الشكل (٣٠-٣) التفاصيل الإنشائية لعمود الدوران (Heel Post) وكل من المحورين العلوى والسفلى (Pins) والذي يصل قطر كل منهما إلى حوالى ١٠ سم بينما القطر نصف الكروى (Pins) والسفلى الذي يتحرك داخله المحور يصل إلى حوالى ١٣ سم. ويثبت كل محور في وضعه الصحيح بواسطة كوابيل (Brackets) مكونه من زاويتين ومجموعة من الألواح. ونظرا لأن المحور العلوى لا يتعرض لأى قوى رأسية فإن كابولى التثبيت له يكون أصغر من كابولى تثبيت المحور السفلى ولكن قطاعه أكبر لتعرضه لعزم إنحناء.



شكل (٧-١ ٣) توزيع الكمرات الأفقية في البوابات ذات الفتحات



شكل (٧-٣٢) تصميم المحورين العلوى والسفلى لعمودى الدوران والإلتقاء

- 1. El-Kateb, M.H., "Irrigation Design II: Locks and Dams", clans Notes, Cairo University, Faculty of Engineering, Giza, Egypt, (1984).
- 2. Novak K.P., Moffat A., Nalluri C. and R. Narayanan, "Hydraulic Structures", Second Edition, E&FN Spon, London, UK, (1996).
- 3. Zipparro, V.J. and Hasen, H., (Editor), "Davis Handbook of Applied Hydraulics". McGraw Hill Book Company. New York, USA, (1992).

# الباب الثامن محطات توليد القوى الكهرومائية Hydraulic Power Plants

#### ٨-١ عام

يهدف هذا الباب إلى عرض النظريات الأساسية والأداء الفعلى للآلات الهيدروليكية مع التركيز على الديناميكا المائية لإندفاع المياه في الآلات التي تدار بالمياه والأداء الهيدروليكي لها.

تنتج الطاقة الكهرومائية من نوعين من المحطات هما:

المائية Hydro والحرارية Thermo وتدار المحطات الحرارية باستخدام الوقود والتوربينات البخارية Steam Turbine حيث يتكون البخار بواسطة الغلايات عن طريق الوقود العادى أو الوقود النووى.

### ٨-٢ العناصر الرئيسية اللازمة لتوليد قوى كهرومائية

- السقوط المائي.
- المحطة وعليها المولد.
  - التوربينات.

والشكل (١-٨) يوضح فواقد الطاقة Energy Losses في العناصر الرئيسية لمحطات توليد القوى الكهرومائية حسب ما يلي:

- الفواقد في القناة نتيجة لفواقد الإحتكاك Friction in Canal

$$(h_1 = C_1 \frac{v_1^2}{2g}) (8-1a)$$

- الفواقد في مدخل قناة التوصيل Entrance to Penstock

$$(h_2 = C_2 \frac{v_2^2}{2g}) (8-1b)$$

- الفواقد في قناة التوصيل نفسها Penstock

$$(h_3 = C_3 \frac{v_3^2}{2\sigma}) ag{8-1c}$$

- الفواقد في غلاف التوربين Turbine Casing

$$(h_4 = C_4 \frac{v_4^2}{2g}) ag{8-1d}$$

- الفو افد في التوربين نفسه Turbine

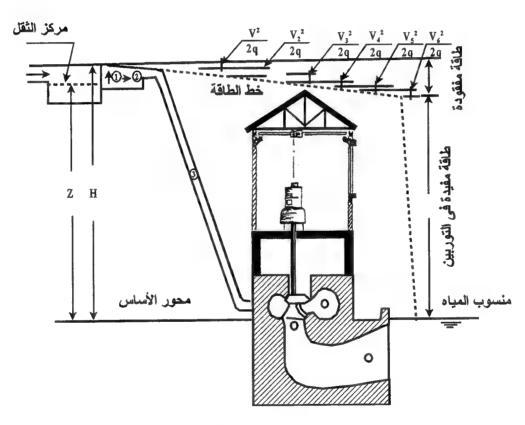
$$(h_5 = C_5 \frac{v_5^2}{2g}) ag{8-1e}$$

الفواقد في أنبوب السحب Draft Tube

$$(h_6 = C_6 \frac{v_6^2}{2g}) (8-1f)$$

حيث

هي سرعة المياه في الأجزاء المختلفة.  $V_2 \cdot V_1$  هي سرعة المياه في الأجزاء المختلفة.  $C_2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_1$ 



شكل (٨-١) علاقة الطاقة والفواقد في محطة كهرومانية

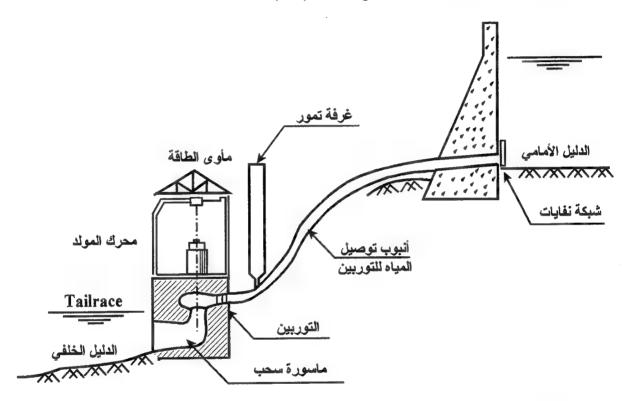
# Types of Power Plants أنواع محطات الطاقة ٣-٨

- تتوقف أنواع محطات الطاقة على التصرفات والسقوط المائي المار في المجرى الذي ستقام عليه المحطة ويمكن أن تصبح ذات أغراض متعددة أو ذات غرض واحد.
- ووفقا لشكل المنشأ لمأوى المحطات (العنابر) إما أن تكون المحطة داخلية Indoor أو خارجية Outdoor أو فوق سطح الأرض.
- عندما تكون سعة التخرين متاحة لتنظيم النهر فإنه يفضل تلاؤم محطة توليد الطاقة مع قاعدة منحنى الحمل The Base of the Load Curve وعندما يكون للمحطة ضاغط مياه وتصرف محددان معا فإنه غالبا ما يتم ملاءمتها مع ذروة منحنى الحمل.

### ٨-٣-١ العناصر الرئيسية المكونة لمحطة توليد القوى الكهرومائية

# The Forebay الدليل الأمامي ۱-۱-۳-۸

يعتبر الدليل الأمامي بمثابة خران محدد السعات ويتم إنشاؤه عند قمة قنوات توصيل المياه المحدد المعام المترافة عندما يقل الحمل على Penstocks التوربين بتصرفات ثابتة. كما أن الغرض منه تخزين المياه المرتجعة عندما يقل الحمل على المحطة كما أنه يعمل على إمداد المياه عند بداية زيادة الحمل أثناء عملية تعجيل Acceleration المياه في القناة أو خط الأنابيب. ويزود الدليل الأمامي بمفيض لإمكان التخلص من المياه الزائدة عندما يرتفع المنسوب المقرر للمياه وذلك حسب ما توضح بالشكل (٨-٢).



شكل (٨-٢) نموذج لأحد محطات الطاقة الكهرومانية (يبين العناصر الرئيسية لها)

### Intakes المآخذ ٢-١-٣-٨

تزود المآخذ بشبكة نفايات Trash Racks لمنع دخول النفايات العائمة والمغمورة والتى تضر البوابات ودوارة التوربين مع وضع كتل خشبية عائمة المداولات" لحجز أو إبعاد النفايات من بحيرة التخزين.

## Penstocks انابيب توصيل المياه ٣-١-٣-٨

- التصميم الإنشائى لأنابيب توصيل المياه هو نفس تصميم أى أنبوب مع الأخذ الجوهرى فى الاعتبار التصميم ضد المطرقة المائية Water Hammer وذلك بسبب إمكانية حدوث تغيير مفاجئ فى الحمل. وتصنع أنابيب التوصيل من الصلب أو الخرسانة المسلحة. ويفضل أن تكون أنابيب التوصيل منفصلة لكل توربين إذا كانت المسافة من الدليل الأمامى إلى مأوى المحطة قصيرة وتتفرع أنابيب التوصيل التوصيل الطويلة عند نهايتها المنخفضة Lower End لتخدم عدة توربينات.
- تجهز أنابيب التوصيل ببوابات المدخل Head Gates عند الدليل الأمامي لإمكان قفلها تدريجيا للسماح بعمل الإصلاحات اللازمة لأنبوب التوصيل أو التوربينات. ومن الضروري وجود صمام

- دخول الهواء Air Inlet Valve في الخلف من البوابة لمنع انهيار الأنبوب فجأة وبعد قفل البوابة مباشرة.
- بجب أن يكون عمق المياه كافيا فوق مدخل أنبوب التوصيل في الدليل الأمامي لمنع تكوين الدوامات Vortices المحملة بالهواء والتي تعمل على خفض كفاءة التوربين مع إحداث تمورات ضغط Pressure Surges
- أوضحت الخبرة العملية أن السرعة الاقتصادية للمياه في أنابيب التوصيل الحديدية تتراوح بين (٣,٥ ٦,٥ م/ث وبالنسبة لأنابيب الخرسانة المسلحة عادة ما تكون السرعة أقل من ذلك ويمكن استعمال عدة معادلات في التصميم من واقع الفحوص الأولية

$$V = 0.125 \sqrt{2gh}$$
 (8-2)

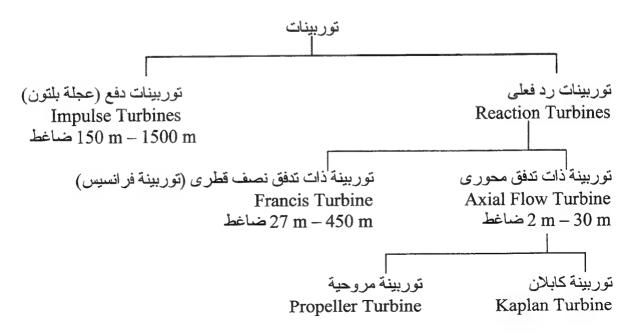
$$D = (\frac{HP}{H})^{0.466} \tag{8-3}$$

حيث V = w المياه بأنابيب التوصيل م V V = W الضاغط بالمتر V = W القدرة بالحصان

D = القطر الداخلي لأنابيب التوصيل بالمتر

تزود أنابيب التوصيل عادة بصهاريج تمور علوية Surge Chamber لامتصاص ضغط المياه الناشئ عن (المطرقة المائية) المصاحب لزيادة الأحمال الفجائية. وفي حالة الأنابيب القصيرة يتم إلغاء صهاريج التمور والاعتماد على أنابيب ذات جدار سميك وصمامات قفل بطيئة Slow Closing Valves .

# Hydraulic Turbines التوربينات المحامد التوربينات إلى الأنواع التالية :



وعند تخطيط مشروع محطة كهرومائية يتم اختيار النوع الملائم للتوربين والسرعة المناسبة لتلائم الشروط المعطاة اسعة القدرة والضاغط المؤثر. ويتم تبسيط هذه الخطوة بإيجاد علاقة للمتغيرات الهامة وتعريف السرعة النوعية (NS) التي يمكن وضعها في صورة معادلة كالتالي:

$$(NS) = \frac{NP^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$
 (8-4)

حبث

(r.p.m) عدد لفات التوربين لفة / دقيقة N

(K.W) القدرة بالكيلووات P

H = الضاغط بالمتر

ويوضح الجدول (٨-١) القيم التقريبية لخواص التوربينات.

التوربينات	لخواص	التقريبية	القيم	(1-1)	جدول (
------------	-------	-----------	-------	-------	--------

الضاغط (متر)	السرعة النوعية	نوع التوربين
1010.	YY _ 11	توربین دفع
£0 TV	٤٧٠ _ ٣٨	توربین فرانسیس
٣٠ - ٢	11 = £Y.	توربین محوری

### أولا: توربين دفع Impulse Turbine (عجلة بلتون)

هذا النوع يدور بو أسطة قوة دفع نفاث حر Free Jet والذى يتصادم مع قواديس مركبة على حافة العجلة المائية ويستخدم هذا النوع فى حالة الضاغط العالى (١٥٠ – ١٥٠٠) متر والتصرف المنخفض. وقد تم تطوير هذه الآلات وكذا تطوير شكل فتحة الرشاش Nozzle والقواديس Buckets . وأثناء هذه العملية تكون المياه تحت ضغط جوى ويتم تزويد هذا النوع بمأوى Housing لمنع انتشار (طرطشة) المياه ولتوجيه التصرف فقط.

# ثانیا: توربین رد فعلی Reaction Turbine وینقسم إلى:

### أ- توربين ذو تدفق محورى يشمل:

- التوربين المروحي Propeller Turbine -
  - التوربين كابلان Kaplan Turbine .

والتوربين المروحي يزود بأغلفة حلزونية أو لولبية Spiral or Volute للضواغط العالية مصنوعة من الحديد الصلب.

والتوربين كابلان يعتبر جزءا هاما من هذا النوع والذى تكون فيه ريش الدوارة قابلة للدوران حول محورها على عمود رأسى مثبت فى الرأس الدوارة Hub وبذلك يمكن ضبط زاوية ميل الريش أثناء التشغيل ويتم الحصول على القوة الدوارة بدفع تيار المياه خلف ريش المروحة من ممر مغلق. ويتراوح عدد الريش بها بين (٤ – ٦) ريش ومصنوعة من صلب غير قابل للصدأ.

### ب- توربین ذو تدفق نصف قطری (توربین فرانسیس)

يحدث التدفق الكلسى لهذا النوع من ميساه الدليل الأمامى Head Water إلى ميساه الدليل الخلفسى Tail Water فى نظام وصلة عرضية مغلقة مقيدة من جميع الجوانب وليست مفتوحة للهواء عند أى نقطة وعند الدخول للدوارة يتحول جزء من الضاغط المتاح إلى طاقة حركة ويبقى الجزء الأخر فى صورة ضاغط مياه والذى يتغير فى كل مكان من ممرات التوربين. وتشغل توربينات فرانسيس على الضواغط من (٢٧ ـ ٤٥٠) متر.

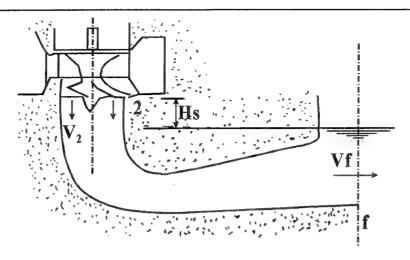
كما تم تطوير هذا النوع تدريجيا منذ بداية القرن العشرين ليحصل على قوة دوران بواسطة انحراف تيار المياه فى ممرات مغلقة مع استخدام رد الفعل الناتج. ويمكن تشخيل توربينات فرانسيس بكفاءة أكبر من (9, 9, 0).

وتوربين فرانسيس يبدأ بشفة مآخذ غلاف التوربين Flange وينتهى عند قطاع الدليل الخلفى مباشرة خلف النهاية الطبيعية لأتبوب السحب وعلى ذلك يتكون التوربين من الغلاف casing ومراوح الاسترشاد Guide Vanes والدوارة Runner وأنبوب السحب Draft Tube .

ويوجد نوع حديث من التوربينات يسمى بالتوربينات الطوربيدية Bulb Shape وقد تم تنفيذ هذا النوع بالمحطة الكهرومائية الملحقة ضمن مشروع قناطر إسنا الجديدة على نيل مصر

### ۱-۳-۸ أنابيب السحب Draft Tubes

تزود التوربينات الرد فعلية بأنابيب سحب تعمل كممر تحويلسي للتصرفات Diverging Discharge Passage ليصل الدوارة بالدليل الخلفي. وقد يشكل لتقليل سرعة التيار بأقل فواقد بحيث يمكن استعادة طاقة الحركة المتبقية في التيار عند تصريفها من الدوارة بكفاءة وتحويلها إلى ضاغط مص سلبي Suction Head ولزيادة فرق الضغط الكلي على الدوارة. وتعتبر الوظيفة الأولية لأنبوب السحب استعادة جزء من طاقة الحركة وتزود أنابيب السحب بمصرف تجفيف لأنبوب السحب أو Un-watering Drain لإمكان تفريغها للإصلاحات مع وجود بوابة عند مخرج أنبوب السحب أو عندما يوجد الدليل الخلفي المتعلق المتعالى المتعالى الخلفي وذلك لغلق المياه أثناء تفريغ أنابيب السحب. وعادة ما يكون من البوابات الحديدية بين بغال الدليل الخلفي وذلك لغلق المياه أثناء تفريغ أنابيب السحب. وعادة ما يكون أنبوب السحب جزءا أساسيا في تركيب التوربين كما أنه ينظم عمل الدوارة. والشكلان (٨-٢) ، (٨-٣)



شكل (٨-٣) أنبوب السحب التوربيني

#### Tail Water Pond الدليل الخلفي ٦-١-٣-٨

- الدليل الخلفي عبارة عن مجرى لتصريف المياه بعد مرورها على التوربينات . وإذا كانت محطة توليد الطاقة قريبة من المجرى فإن التدفق الخارج يمكن تصريفه مباشرة إلى المجرى
- عندما يكون الدليل الخلفى غير مبطن فإن القاع يتعرض إلى النحر مما يسبب انخفاضا في منسوب المياه بالخلف . وفي بعض الحالات عندما يزيد الانخفاض إلى نقطة أسفل منسوب قمة مخرج أنبوب السحب فإن كفاءة التوربين تقل وعلى ذلك يلزم إنشاء هدار حر في الدليل الخلفي عند المنسوب التصميمي لزيادة عمق المياه الخلفية مرة أخرى إلى وضعه الطبيعي . وقد يحدث أحيانا إطماء في الدليل الخلفي للمجرى بزيادة عمق المياه مما ينتج عنه نقص في الضاغط الإجمالي Gross) الدليل الخلفي للمجطة ولمعالجة هذه الظاهرة يتم إزالة المواد المترسبة بتطهيرها بالتجريف By أو بوسيلة أخرى.
- غالبا ما تحدث مشاكل للمحطات تحت الأرض فى التصميم الهيدروليكى وفى بعض الحالات يتم تصريف أنبوب السحب داخل نفق أفقى ذى سطح حر ولا يحتاج فى هذه الحالة إلى صهريج تمور "Surge Tank " وفى حالات أخرى يوجد الدليل الخلفى بنفق ضغط وصهريج تمور منتظم . وفى هذه الحالة يستخدم الجزء الخلفى من النفق كدليل خلفى.

#### ٨-٣-١ لختيار النوع المناسب للتوربينات

لتحقيق الغرض المطلوب فإنه يجب دراسة الخطة المائية بأكملها وفقا لمتطلبات الطاقة وعلاقتها مع المحطات الأخرى للتوسع المستقبلي والإمكانيات المادية المتاحة والشروط الطبيعية وإمكانيات التخزين والخواص المناخية ...الخ ويؤخذ القرار النهائي لجميع هذه العوامل في الاعتبار عند اختيار نوع التوربينات المناسب وهو ما يسمى بدر اسات الجدوى للمشروع

### ٨-٤ معايير التصميم لمحطات توليد القوى الكهرومائية

### ٨-٤-١ الحسابات الإنشائية

حسابات العزوم وقوى القص والقوى المحورية في الإنشاءات نتم طبقا لنظريات المرونة وتطبيقاتها.

### ٨-٤-٨ الحسابات الهيدروليكية

تستخدم معادلة " ماننج " في حسابات متوسطات سرعة المياه سواء في القطاعات المفتوحة أو المغلقة.

$$V = MR^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$
 (8-5)

حدث

V = سرعة المياه م / ث

 $M = \frac{1}{m} = M$  = رقم "ماننج" حسب الجدول (۸-۲)

R = نصف القطر الهيدروليكي بالمتر

i = خط الانحدار الهيدروليكي

جدول (۸-۲) قيم رقم M

قيم M (سطح أملس)	قيم M (سطح خشن)	نوع المادة
٩.	٧.	ماسورة حديد جديدة
90	٧٥	ماسورة زهر مسفلتة من الداخل
٩.	٦.	ماسورة من الطمى (فخار) مزججة
١	٨٥	أسطح حديدية ممحورة
٧٥	70	أسطح خرسانية ممحورة
٩.	٨٠	أسطح خرسانية تم صبها في فرم حديدية
٨٥	٦٥	أسطح خرسانية تم صبها في فرم خشبية
	۲.	قنوات تم حفرها بالنسف
	٤٥_١٢	قنوات مائية طبيعية

### ٨-٤-٣ افتراضات الأحمال للحسابات الإنشائية

الأحمال المؤثّرة على المنشأ يمكن تقسيمها إلى :

- أحمال عادية.
- أحمال ثانوية Secondary Loads
- أحمال قصوى Extreme Loads .

ويمكن تصنيف هذه الأحمال طبقا للجدول (٨-٣) التالى:

### جدول (٨-٣) تصنيف الأحمال للحسابات الإنشائية

أحمال عادية	أحمال ثانوية	أحمال قصوى
* أحمال مستديمة	* أحمال ناجمة عن درجات	* ضغط المياه الأقصى
Permanent Loads	الحرارة Temperature Loads	Flood Water Pressure
- وزن المنشأ	- الصيف : هو اء طلق + ٤٠ <sup>0</sup> م	- بالأمام
- ضغط التربة	هواء مغلق + °° <sup>0</sup> م	- بالخلف
- ضغط المياه (الخلف -	میاه + ۳۱ <sup>0</sup> م	- العلو Uplift
الأمام)	- الشتاء : هواء طلق + ١٠٠ <sup>0</sup> م	
- العلو Uplift	هواء مغلق + ۲۰ <sup>0</sup> م	
* أحمال تشغيلية	میاه + ۲۱ <sup>0</sup> م	
Operational Loads	- خرسانة مصبوبة حديثا:	
- أحمال حية	Newly Placed Concrete	
<ul> <li>أحمال مستقبلية متوقعة</li> </ul>	قصىوى ۲۷ + Max م	
Expected Loads	* أحمال ناجمة عن تأثير الرياح	
- أحمال حية من عربات	وتؤخذ من الكود المصرى لحساب	
وأوناش منثل أحمال	الأحمال والقوى في الأعمال	
الــــتلفريك والأونــــاش	الإنشائية وأعمال المباني	
المتحركة وأحمال النقل	* ضغط المياه الثانوى بالأمام	
والتشييد	والخلف	
* ضغط التربة من حركة	* العلو الثانوي	
المرور	* الإنكماش و الإنتفاخ	
* تأثير المطرقة المائية	* أحمال التشييد	
Water Hammer Effect	* أحمال الز لازل	

أحمال عادية	أحمال ثانوية	أحمال قصوى
	Earthquake Loads	
	وتؤخذ من الكود المصرى لحساب	
	الأحمال والقوى في الأعمال	
	الإنشائية وأعمال المباني	

#### ٨-٤-٣- الأحمال العادية

تنقسم الأحمال العادية إلى أحمال مستديمة وأحمال تشغيلية مؤقتة.

### \* الأحمال المستديمة

وزن المنشأ ويحسب طبقا للجدول (٣-١) من الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني.

ضغط التربة على المنشآت الرأسية وتحسب هذه الضغوط باعتبار ما يلي :

- تربة جافة ورمل بوزن ١,٨٠ طن /م بزاوية سكون Angle of Repose ٥٠٠٠.
- تربة مغمورة تحت منسوب الماء الأرضى بوزن ١٠١٠ طن /م " بزاوية سكون ٣٥ .

#### ضغط المياه

تحسب ضغوط المياه على أساس مناسيبها الشاذة والقصوى في الجهة الأمامية للمنشأ والجهة الخافية منه.

## \* الأحمال التشغيلية Operational Loads

أحمال حية:

وتحسب طبقا للجدول (٤-١) من الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني.

#### ملاحظة:

الأحمال الممركزة والأحمال الموزعة تؤخذ في الاعتبار معا.

# \* أحمال مستقبلية متوقعة Expected Loads

رسومات التشغيل يجب أن تشير إلى مساحات معينة لوضع المهمات الثقيلة بشكل مدروس.

## مهمات ذات أحمال حية من عربات وأوناش

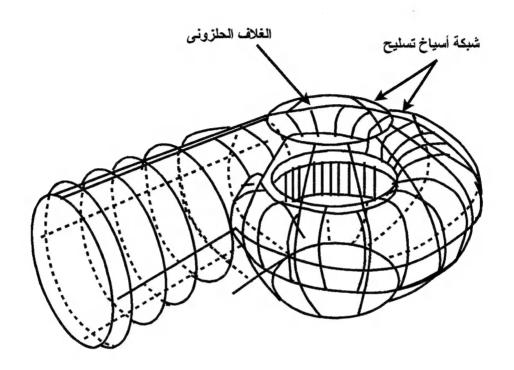
يكون تصميمها رأسيا وأفقيا طبقا لبيانات موردي الأجهزة والمهمات.

### ضغوط التربة نتيجة لحركة المرور

يتم تصميم محطات القوى بالنسبة إلى ضغوط التربة نتيجة لحركة المرور ..... الخ مقابل أحمال موزعة على مساحات تحيط بمحطة القوى بمقدار ٢٠ كيلو نيوتن / م٢ .

### تأثير المطرقة المائية Water Hammer Effect

يضاف طرق الماء بمقدار  $\simeq$  متر عند تصميم الغلاف الحلزونى الخرسانى وهذه الزيادة تنتهى عند طرف الحلزون لتصبح صفرا فى خطمع أخشاب المأخذ Intake Stop Logs وتسليح الخرسانة الحلزونية حسب ما توضح بالشكل ( $\sim$  2).



شكل (٨-٤) مبدأ التسليح الحلزوني لمقاومة تأثير المطرقة المائية

# Secondary Loads الأحمال الثانوية ٢-٣-٤-٨

# \* الأحمال الناجمة عن درجات الحرارة Temperature Loads

الانفعالات التي تسببها تغيرات درجة الحرارة بمقدار الوحدة تحسب تحت الافتراضات التالية: الانفعال في الخرسانة ( $e_{cone}=1.4 \times 10^{-5}$ ) الانفعال في الحديد ( $e_{steel}=1.2 \times 10^{-5}$ ) الانفعال في الحديد ( $e_{steel}=1.2 \times 10^{-5}$ ) .

# \* الأحمال الناجمة عن تأثير الرياح Wind Loads

الأحمال الناجمة عن تأثير الرياح على الحوائط والأسطح تحسب طبقا للكود المصرى لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني.

# \* الانكماش والانتفاخ Shrinkage and Swelling

الانكماش في الهواء يفترض أن يقل عند درجة حرارة (٥ هم) هذا إذا لم تؤخذ الاحتياطات لتقليل تأثيره.

الانتفاخ في الماء يفترض أن يقاس عند ارتفاع في درجة الحرارة مقداره خمسة درجات (مم) ويؤخذ الانكماش والانتفاخ في التقدير إذا كان هذا يؤدي إلى زيادة الاجهادات.

### \* أحمال التشييد

أحمال المعدات المستخدمة في تنفيذ الأعمال المدنية تؤخذ على اعتبار أنها ثانوية ويستثنى من ذلك نقليات المهمات الثقيلة وكذا أحمال التلفريك والأم ناش المتحركة والتي سبق اعتبارها ضمن أحمال التشغيل.

### Extreme Loads الأحمال القصوى ٣-٣-٤-٨

ويقصد بها ضغط المياه الأقصى سواء بالامام أو الخلف وأيضا العلو الأقصى ويحدث ذلك وقت الفيضان.

### ٨-٤-٣-٤ حالات التحميل التصميمية

يوضح الجدول (٨-٤) حالات التحميل التي يجب آخذها في الاعتبار عند تصميم محطات توليد القوى الكهر و مائية.

جدول (٨-٤) حالات التحميل التصميمية Design Load Cases

أشكال		أحمال عادية		الأحمال الثانوية				الأحمال القصوى	
حالات التحميل	التصميم	أحمسال	أحمال	أحمال	أحمال	ضغط المياه	الانكماش	أحمال	ضـــغط
Load Cases	Design	مستديمة	تشغيلية	ناجمــة	ناجمة عن	الــــــــــــــــــــــــــــــــــــ	والانتفاع	التشييد	مـــياه
	Class			عـــن	المرياح أو	والعلـــو			قصوى
				الحرارة	الزلازل	الثانوي			
ا-مــــرحلة التشييد construction Stage	ثان <i>و ي</i> Secondary	х	х	х	х		X	х	
۲- مسرحلة التشغیل أ- تشغیل عادی ب- تشغیل عادی متضمن أحمال غیر عادیة	غیر عادی	х	х	X	x	x	x	х	
۳-حـالات قصوى أ- فيضان المياه ب- الزلازل	قصو ي	x	x		X				х

### ٨-٤-٤ إجهادات التصميم

### ٨-٤-٤-١ نوعيات المواد

رتب الخرسانة التي تستعمل هي تلك الواردة في الجدول (7-7) من البند (7-7-7) من الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة ويخضع التسليح للبند (7-7-0) من الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة ويوضح الجدول (7-1) في هذا البند الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب (الحد الأدنى).

#### ٨-٤-٤-٢ الإجهادات المسموح بها

تتبع إجهادات التشغيل للخرسانة وصلب التسليح الواردة بالجدول (٥-١) من البند (٥-٢) بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة.

## Stability Calculation الإتزان الإتزان

### ٨-١-٥-١ الإتزان في محطات القوى

مراجعة إتزان محطات القوى بالنسبة إلى الانقلاب والانزلاق Overturning and Sliding وذلك باعتبار ما يلى :

- وزن الخرسانة = ٢,٤ طن / م".
- محطات القوى مفرغة من الآلات والأجهزة والمياه.
  - أقصى منسوب بالأمام.
    - منسوب الخلف.
    - . Uplift الطمو

# ٢-٥-٤ إتزان سد الدليل الأمامي Forebay

مراجعة إتزان سد الحوض الأمامي للمحطة بالنسبة للانقلاب والانزلاق وذلك باعتبار ما يلي:

- وزن مبانی الدبش = ۲٫٥ طن  $/ a^{7}$ .
- الردم في الجزء الخلفي حتى منسوب معين خلف الحوض ووزن التربة أعلى منسوب المياه الأرضية = ١,٨ طن /م٠.
  - وزن التربة شاملة المياه أسفل منسوب المياه الأرضية = 7,1 طن / م.
    - ضغط التربة يحسب على أساس ضغط التربة في سكونها.
      - العلو Uplift .
      - منسوب المياه بالأمام ..... (إحتسابه بالتوالي).
    - منسوب المياه بالخلف ..... (يختار ليعطى أقصى حمل).

- 1. Arndt, R.E., "Hydropower Engineering Hanbook", McGraw-Hill, NewYork, U.S.A, (1990).
- 2. Fritz, J. (Editor), "Small and Mini Hydropower Systems", McGraw-Hill, New York, USA, (1984).
- 3. Gulliver, J. S. (Editor), "Hydropower Engineering Handbook", McGraw-Hill, NewYork, USA, (1991).
- 4. Leliavsky, Serge, "Hydroelectric Engineering for Civil Engineers", Chapman and Hall, London, UK, (1982).
- 5. May, L.W., "Water Resources Engineering", John Wiley & Sons, NewYork, USA, (2001).
- 6. Novak, P., Moffat, A.I., Malluri, C. and Marayanan, R., "Hydraulic Structures", E&FN Spon, London, UK. (1996).
- 7. Sassman, J. F., Cheremisinoff, P.N. and Ouellette, R.P., "Low Head Hydropower", CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, (1983).
- 8. Warnick, C.C., "Hydropower Engineering", Prentice Hall, New Jersey, USA, (1983).